



TUGAS AKHIR
TM 145547 (MN)

**ANALISA PENGARUH VARIASI PERBANDINGAN
CAMPURAN ANTARA AIR DAN GARAM SEBAGAI MEDIA
PENDINGINAN TERHADAP KEKERASAN, KEKUATAN
IMPAK DAN STRUKTUR MIKRO PADA BAJA KARBON AISI
1050**

SEPTA RIA NURMALASARI
NRP. 2114 030 055

Dosen Pembimbing :
Ir. Eddy Widiyono, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017



**TUGAS AKHIR
TM 145547 (MN)**

**ANALISA PENGARUH VARIASI PERBANDINGAN
CAMPURAN ANTARA AIR DAN GARAM SEBAGAI MEDIA
PENDINGINAN TERHADAP KEKERASAN, KEKUATAN
IMPAK DAN STRUKTUR MIKRO PADA BAJA KARBON AISI
1050**

**SEPTA RIA NURMALASARI
NRP. 2114 030 055**

**Dosen Pembimbing :
Ir. Eddy Widiyono, M.Sc.**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017**



**FINAL PROJECT
TM 145547 (MN)**

**ANALYSIS OF THE EFFECT MIXED VARIATION
COMPARISON BETWEEN WATER AND SALT AS A
COOLING MEDIA ON HARDNESS, IMPACT STRENGTH AND
MICRO STRUCTURE OF CARBON AISI 1050 STEEL**

**SEPTA RIA NURMALASARI
NRP. 2114 030 055**

**Counselor Lecturer
Ir. Eddy Widiyono, M.Sc.**

**INDUSTRIAL MECHANICAL ENGINEERING
Faculty of Vocational
Institute Technology of Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA PENGARUH VARIASI PERBANDINGAN CAMPURAN ANTARA AIR DAN GARAM SEBAGAI MEDIA PENDINGINAN TERHADAP KEKERASAN, KEKUATAN IMPAK DAN STRUKTUR MIKRO PADA BAJA KARBON AISI 1050

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
Pada Bidang Studi Manufaktur
Program Studi Diploma III Jurusan Teknik Mesin Industri
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
SURABAYA

Oleh :

SEPTA RIA NURMALASARI

NRP. 2114 030 055

Disetujui oleh :

Dosen Pembimbing Tugas Akhir



Ir. Eddy Widiyono, M.Sc
NIP.19601025 198701 1 001

SURABAYA, JULI 2017

ANALISA PENGARUH VARIASI PERBANDINGAN CAMPURAN ANTARA AIR DAN GARAM SEBAGAI MEDIA PENDINGINAN TERHADAP KEKERASAN, KEKUATAN IMPAK DAN STRUKTUR MIKRO PADA BAJA KARBON AISI 1050

Nama Mahasiswa : Septa Ria Nurmalasari
NRP : 2114 030 055
Jurusan : Departemen Teknik Mesin Industri
Fakultas Vokasi - ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Eddy Widiyono, M.Sc

ABSTRAK

Pertumbuhan industri minyak kelapa sawit di Indonesia perlu diimbangi oleh industri alat pertanian Igrek untuk memanen buah kelapa sawit. Namun perlu dilakukan penelitian pada bahan pembuat pisau igrek agar nilai kekerasannya sesuai Standart SNI pisau igrek sebesar 45,3 HRC.

Pada penelitian kali ini akan dilakukan analisa pada material baja karbon AISI 1050 yang merupakan jenis baja karbon sedang dan umum digunakan untuk pembuatan alat pertanian. Metodologi pada penelitian ini meliputi persiapan benda uji, pemotongan benda uji, uji laku panas pengerasan dengan temperatur 850°C, waktu tahan 15 menit, media pendingin variasi perbandingan campuran antara air dan garam, uji kekerasan rockwell, uji impak dan uji struktur mikro.

Dari hasil penelitian ini didapatkan bahwa semakin tinggi kadar garam yang terlarut pada media pendingin dapat meningkatkan kekerasan pada baja karbon AISI 1050 dengan nilai kekerasan tertinggi sebesar 59 HRC dengan prosentase martensit sebesar 92% dan ukuran butir sebesar 11.5. Kekerasan yang meningkat mengakibatkan ketangguhannya menurun dengan nilai kekuatan impak terendah sebesar 0.03 J/mm².

Kata kunci : AISI 1050, laku panas pengerasan, media pendingin, air dan garam, kekerasan, kekuatan impak, struktur mikro, besar butir

**ANALYSIS OF THE EFFECT MIXED VARIATION
COMPARISON BETWEEN WATER AND SALT AS A
COOLING MEDIA ON HARDNESS, IMPACT
STRENGTH AND MICRO STRUCTURE OF CARBON
AISI 1050 STEEL**

Student Name : Septa Ria Nurmalasari
NRP : 2114 030 055
Department : Industrial Mechanical Engineering
Faculty of Vocational - ITS
Advisor : Ir. Eddy Widiyono, M.Sc

ABSTRACT

The growth of the palm oil industry in Indonesia needs to be balanced by the agricultural equipment industry of Igrek to harvest the palm fruit. However, it is necessary to do research on igrek knife making material so that its hardness value according to Standard of SNI knife igrek equal to 45,3 HRC.

In this research will be analyzed on AISI 1050 carbon steel material which is kind of medium carbon steel. The methodology of this study included preparation of specimens, cutting test specimens, hardening heat assaying test with temperature 850 ° C, holding time of 15 minutes, cooling medium variation of mixed ratio between water and salt, rockwell hardness test, impact test and microstructure test.

The results of this study it was found that the higher dissolved salts on coolant medium can increase the hardness of AISI 1050 carbon steel with the highest hardness value of 59 HRC with percentage of martensite 92% and the grain size of 11.5. Increased violence results in decreasing toughness with the lowest impact strength of 0.03 J / mm.2.

Keywords: AISI 1050, heat treatment hardening, cooling medium, water and salt, hardness, impact strength, micro structure, grain size

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur dipanjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat-NYA, sehingga penyusunan tugas Akhir yang berjudul :**“ANALISA PENGARUH VARIASI PERBANDINGAN CAMPURAN ANTARA AIR DAN GARAM SEBAGAI MEDIA PENDINGINAN TERHADAP KEKERASAN, KEKUATAN IMPAK DAN STRUKTUR MIKRO PADA BAJA KARBON AISI 1050”** dapat diselesaikan dengan baik.

Laporan ini disusun sebagai salah satu persyaratan yang harus dipenuhi oleh setiap mahasiswa Departemen Teknik Mesin Industri, Fakultas Vokasi - ITS untuk bisa dinyatakan lulus.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis berusaha menerapkan ilmu yang didapat selama menjalani perkuliahan di D3 Teknik Mesin. Kiranya penulis tidak akan mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini tanpa bantuan, saran, dukungan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Eddy Widiyono, M.Sc selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan bimbingan, saran dan masukan saat mengerjakan Tugas Akhir ini sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini tepat pada waktunya.
2. Bapak Dr. Heru Mirmanto, ST, MT selaku Kepala Departemen Diploma Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi - ITS. Terima kasih atas segala bantuan dan motivasinya.
3. Bapak Ir. Suhariyanto, MT selaku Kepala Program Studi D3 Teknik Mesin Industri FTI-ITS dan koordinator Tugas Akhir. Terima kasih atas segala bantuan dan motivasinya.

4. Bapak Ir. Denny M.E Sudjono, MT selaku dosen wali yang telah banyak memberikan saran dan masukan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
5. Tim dosen penguji yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam rangka perbaikan tugas akhir ini.
6. Segenap Bapak/Ibu Dosen Pengajar dan Karyawan di Jurusan D3 Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi - ITS, yang telah memberikan banyak ilmu dan pengetahuan selama penulis menuntut ilmu di kampus ITS.
7. Orang tua tercinta Bapak Ir. Nur Hariyanto dan Ibu Istina Alfawati, kakak saya Anfario Albatrosa, adik saya tercinta Tri Reza Pahlevi, serta kakak Ipar saya mbak Ela yang selalu memberikan doa kesuksesan serta dukungan dalam bentuk apapun.
8. Keluarga besar kampung malang : Bapak Sungadi , ibu Tatik, mbak Candra, Koko, mbak Reni yang telah memberi motivasi
9. Teman-teman Grader Laboratorium Metalurgi D3 Teknik Mesin Industri - ITS yang telah banyak membantu fasilitas laboratorium selama proses pengujian Tugas Akhir ini.
10. Seseorang yang istimewa yang selalu menjadi inspirasi, memberi semangat dan dukungan motivasi Gede Doddy Rahyudha (Teknik Material Metalurgi ITS 2013)
11. Teman – teman seperjuangan Tugas Akhir Ismah Fawaiz, Adelina Irawati, Nadia Parwaty, Dimas Wisnu, Tadjudin Aulia, Imam Sakroni yang telah berjuang bersama selama proses pengujian Tugas Akhir ini.
12. Sahabat-sahabat Syndicate dan Oghlenk : Ayu, Wira, Satria, Ferdian, Sofyan, Nisa, Loren yang selalu

memberikan semangat dan motivasi dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

13. Kakak-kakak dari NET TV kak Mayfree Syar'i, Twindy Rarasanti, Nita Thalia dan kak Aria Surya Jaya yang selalu memberi semangat untuk segera lulus dan meraih mimpi bekerja di NET TV.
14. Konsultan Private Online Mas Yudha Prakasa (MT 15) yang telah meluangkan banyak waktunya untuk mengajari teknis selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
15. Pihak-pihak yang telah membantu dalam pengerjaan pembuatan benda uji : Andre, Cak Ali, Pak Bambang pemilik bengkel Manufaktur di Ngingas
16. Teman-teman organisasi BEM FTI – ITS , UKM Bulu Tangkis – ITS, DPM FTI – ITS, yang selalu memberikan doa kesuksesan serta dukungan dalam bentuk apapun.

Penulis menyadari sepenuhnya, bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, sehingga penulis mengharapkan adanya kritik dan saran dari berbagai pihak. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pembaca dan mahasiswa, khususnya D3 Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi ITS.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|------------|
| HALAMAN JUDUL (Bahasa Indonesia)..... | i |
| HALAMAN JUDUL (Bahasa Inggris)..... | ii |
| LEMBAR PENGESAHAN..... | iii |
| ABSTRAK..... | iv |
| ABSTRACT | v |
| KATA PENGANTAR | vi |
| DAFTAR ISI..... | ix |
| DAFTAR GAMBAR..... | xii |
| DAFTAR TABEL..... | xiv |
| BAB I Pendahuluan | 1 |
| 1.1 Latar Belakang Masalah..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Permasalahan..... | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah..... | 2 |
| 1.4 Tujuan Penelitian..... | 2 |
| 1.5 Manfaat Penelitian..... | 3 |
| 1.6 Sistematika Penulisan..... | 3 |
| BAB II Dasar Teori..... | 5 |
| 2.1 Pisau Igrek..... | 5 |
| 2.2 Baja..... | 6 |
| 2.2.1 Pengaruh Unsur Paduan Pada Baja | 7 |
| 2.2.2 Diagram Fase Fe-Fe ₃ C..... | 8 |
| 2.3 Laku Panas | 9 |
| 2.3.1 Laku Panas Kondisi Setimbang (Ekulibrium)..... | 10 |
| 2.3.2 Laku Panas Kondisi Tidak Setimbang..... | 11 |
| 2.3.2.1 Pengerasan (Hardening) | 11 |
| 2.3.2.2 Transformasi Pemanasan..... | 12 |
| 2.3.2.3 Laju Pendinginan..... | 13 |
| 2.3.2.4 Quenching..... | 14 |
| 2.4 Uji Kekerasan Rockwell..... | 18 |
| 2.5 Uji Metalografi..... | 18 |
| 2.5.1 Metode Perhitungan Uji Metalografi | 19 |
| 2.5.1.1 Menghitung Presentase Mikro Struktur | 19 |

| | |
|--|-----------|
| 2.5.1.2 Menghitung Rata-Rata Besar Butir | 20 |
| 2.5.2 Macam-macam Struktur Mikro..... | 21 |
| 2.6 Uji Impak..... | 24 |
| BAB III Metodologi Penelitian..... | 29 |
| 3.1 Diagram Alir Penelitian..... | 29 |
| 3.2 Bahan..... | 30 |
| 3.3 Benda Uji..... | 31 |
| 3.3.1 Benda Uji Kekerasan (ASTM E-18) | 31 |
| 3.3.2 Benda Uji Impact (ASTM E-23)..... | 31 |
| 3.3.3 Benda Uji Metallografi (ASTM E-95 dan ASTM E – 407)..... | 32 |
| 3.4 Perlakuan Panas..... | 32 |
| 3.4.1 Pengerasan..... | 32 |
| 3.5 Peralatan Dan Pengujian | 34 |
| 3.5.1 Peralatan Dan Uji Kekerasan | 34 |
| 3.5.2 Peralatan Dan Uji Metallografi | 35 |
| 3.5.3 Peralatan Dan Uji Impak..... | 36 |
| BAB IV Analisa Dan Pembahasan..... | 37 |
| 4.1 Unsur Kimia Baja..... | 37 |
| 4.2 Hasil Uji Metallografi..... | 38 |
| 4.2.1 Hasil Uji Metallografi Kondisi Awal | 38 |
| 4.2.2 Hasil Uji Metallografi Pengerasan..... | 40 |
| 4.2.3 Analisa dan Pembahasan Hasil Uji Metallografi..... | 43 |
| 4.3 Hasil Uji Kekerasan..... | 44 |
| 4.3.1 Hasil Uji Kekerasan Kondisi Awal | 44 |
| 4.3.2 Hasil Uji Kekerasan Pengerasan | 45 |
| 4.3.3 Analisa dan Pembahasan Hasil Uji Kekerasan..... | 47 |
| 4.4 Hasil Uji Impak..... | 47 |
| 4.4.1 Uji Impak Kondisi Awal | 47 |
| 4.4.2 Hasil Uji Impak Pengerasan..... | 48 |
| 4.4.3 Analisa dan Pembahasan Hasil Uji Impak | 50 |
| 4.5 Pembahasan..... | 51 |
| BAB V Kesimpulan dan Saran..... | 53 |
| 5.1 Kesimpulan..... | 53 |
| 5.2 Saran..... | 53 |

| | |
|-----------------------------|-----------|
| DAFTAR PUSTAKA | 54 |
| LAMPIRAN | |
| BIODATA PENULIS | |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 Pisau Igrek..... | 8 |
| Gambar 2.2 Diagram Fase Fe-Fe ₃ C..... | 9 |
| Gambar 2.3 Daerah Temperatur Laku Panas Ekuilibriu .. | 10 |
| Gambar 2.4 Grafik Tranformasi Pemanasan Hypoeutectoid | 13 |
| Gambar 2.5 Grafik Tranformasi Pendinginan Hypoeutectoid..... | 14 |
| Gambar 2.6 Jenis Media Pendingin..... | 15 |
| Gambar 2.7 Koefisien Pendinginan Berbagai Media Pendingin..... | 16 |
| Gambar 2.8 Laju Pendinginan Berbagai Media Pendingin | 17 |
| Gambar 2.9 Diagram CCT Baja AISI 1050 | 17 |
| Gambar 2.10 Garis Bantu Menghitung Presentase Tiap Struktur Mikro | 19 |
| Gambar 2.11 Garis Bantu Intercept Counting ASTM E112 | 20 |
| Gambar 2.12 Struktur Mikro Ferrit..... | 21 |
| Gambar 2.13 Struktur Mikro Pearlite..... | 22 |
| Gambar 2.14 Struktur Mikro Austenit | 22 |
| Gambar 2.15 Struktur Mikro Cementite | 23 |
| Gambar 2.16 Struktur Mikro Bainit | 23 |
| Gambar 2.17 Struktur Mikro Martensit | 24 |
| Gambar 2.18 Mekanisme Perpatahan Uji Impak Metode Charpy..... | 25 |
| Gambar 2.19 Sudut Pembebanan Pada Charpy Impact Test | 26 |
| Gambar 3.1 Flowchart Diagram..... | 30 |
| Gambar 3.2 Dimensi Benda Uji Kekerasan | 31 |
| Gambar 3.3 Dimensi Benda Uji Impak..... | 31 |
| Gambar 3.4 Pemasukkan Benda Uji ke Oven | 33 |
| Gambar 3.5 Media Pendingin Air dan Garam..... | 33 |
| Gambar 3.6 Alat Uji Kekerasan Rockwell (HRC) | 34 |

| | |
|---|----|
| Gambar 3.7 Mikroskop Optik | 35 |
| Gambar 3.8 Mesin Uji Impak Charpy | 36 |
| Gambar 4.1 Diagram Batang Unsur Kimia Baja AISI 1050 | 37 |
| Gambar 4.2 Diagram Batang Hasil Uji Metalografi Kondisi Awal | 39 |
| Gambar 4.3 Diagram Batang hasil Uji Metalografi Pengerasan..... | 41 |
| Gambar 4.4 Diagram Batang Nilai Besar Butir Struktur Mikro Kondisi Awal dan Pengerasan | 42 |
| Gambar 4.5 Kurva Pendinginan Pada Diagram CCT | 42 |
| Gambar 4.6 Benda Uji Kekerasan Kondisi Awal | 45 |
| Gambar 4.7 Benda Uji Kekerasan Setelah Pengerasan..... | 45 |
| Gambar 4.8 Diagram Batang Nilai Kekerasan Pada Benda Uji Kondisi Awal dan Pengerasan..... | 46 |
| Gambar 4.9 Benda Uji Impak Setelah Perlakuan Panas Pengerasan..... | 49 |
| Gambar 4.10 Diagram Batang Hasil Uji Impak Kondisi Awal dan Pengerasan | 50 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1 Skala Uji dan Jenis Identor Kekerasan Rockwell | 18 |
| Tabel 3.1 Unsur Kimia Bahan | 30 |
| Tabel 3.2 Sifat Mekanik Bahan | 30 |
| Tabel 3.3 Benda Uji Impak Saat Dilaku Panas..... | 33 |
| Tabel 3.4 Benda Uji Metallografi Saat Dilaku Panas | 34 |
| Tabel 3.5 Benda Uji Kekerasan Saat Dilaku Panas | 34 |
| Tabel 4.1 Unsur Kimia Baja AISI 1050 | 37 |
| Tabel 4.2 Hasil Uji Metallografi Kondisi Awal | 38 |
| Tabel 4.3 Nilai Besar Butir Struktur Mikro Kondisi Awal. | 39 |
| Tabel 4.4 Hasil Uji Metallografi Pengerasan..... | 40 |
| Tabel 4.5 Nilai Besar Butir Struktur Mikro Pengerasan..... | 41 |
| Tabel 4.6 Hasil Uji Kekerasan Kondisi Awal | 45 |
| Tabel 4.7 Hasil Uji Kekerasan Pengerasan (HRC)..... | 46 |
| Tabel 4.8 Data pengujian impak..... | 48 |
| Tabel 4.9 Hasil Uji Impak Kondisi Awal | 48 |
| Tabel 4.10 Data pengujian impak..... | 48 |
| Tabel 4.11 Hasil Uji Impak Pengerasan | 49 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu penghasil minyak kelapa sawit terbesar di dunia. Pertumbuhan industri minyak kelapa sawit perlu diimbangi oleh industri alat pertanian yang memadai khususnya produksi pisau Igrek. Di bidang pertanian kelapa sawit para petani menggunakan pisau igrek untuk memanen buah kelapa sawit..

Perkembangan produk Pisau Igrek saat ini perlu ditingkatkan kualitasnya karena material awal sangat rentan mengalami kerusakan mudah aus pada bagian sisi potong. Salah satu material awal ialah baja AISI 1050. Baja AISI 1050 merupakan baja karbon sedang yang banyak digunakan untuk alat pertanian pisau Igreg. Namun sebelum pembuatan produk dari material tersebut perlu adanya perlakuan panas pengerasan karena nantinya baja AISI 1050 tersebut akan dimodifikasi pada nilai kekerasannya agar sesuai dengan batas minimal nilai kekerasan standart SNI pisau igrek sebesar 45,3 HRC sehingga memiliki sisi potong yang tahan terhadap aus.

Perlakuan panas merupakan salah satu proses yang berperan dalam industri manufaktur dengan tujuan untuk proses maintenance maupun proses produksi. Proses ini meliputi pemanasan baja pada suhu tertentu, dipertahankan pada waktu tertentu dan didinginkan pada pendinginan cepat (quenching) guna mendapatkan stuktur martensit yang keras.

Penelitian ini menggunakan metode perlakuan panas pengerasan dengan membedakan media pendingin berupa variasi perbandingan campuran air dan garam. Tujuan dari dilakukannya variasi media pendingin yaitu untuk mengetahui perbedaan sifat mekanik berupa tingkat kekerasan pada material yang didukung dengan nilai ketangguhan dan perubahan struktur mikro. Sehingga bila diketahui sifat mekanik dan kesesuaiannya terhadap

kegunaannya, maka dapat dijadikan sebagai suatu referensi untuk menggunakan media pendingin yang tepat dalam pembuatan bahan pisau Igrek sesuai standar SNI.

1.2 Perumusan Masalah

Dengan adanya latar belakang yang mendorong penelitian ini, maka ada beberapa rumusan masalah yang muncul sebagai pertanyaan pedoman agar sesuai dengan apa yang diinginkan, diantara rumusan tersebut adalah:

- 1 Bagaimana perubahan sifat mekanik material baja AISI 1050 pada uji kekerasan dan uji Impak dari pengaruh tiga variasi media pendingin dalam proses laku panas pengerasan
- 2 Bagaimana struktur mikro dan besar butir material baja AISI 1050 dari pengaruh tiga variasi media pendingin dalam proses laku panas pengerasan

1.3 Batasan Masalah

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai masalah yang dikaji dalam penulisan penelitian ini, maka perlu kiranya diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Kondisi bahan diasumsikan homogen
2. Pengaruh lingkungan diabaikan
3. Laju temperatur selama pengeluaran spesimen dari dapur pemanas diabaikan
4. Pengaruh agitasi dan perubahan temperatur pada media pendingin diabaikan
5. Garam yang digunakan adalah garam dapur NaCl
6. Pembahasan dititik beratkan pada tingkat kekerasan, metallografi dan kekuatan impak

1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui Kekerasan dan Kekuatan Impak material baja AISI 1050 dari pengaruh tiga variasi media pendingin dalam proses laku pengerasan
2. Mengetahui struktur mikro dan besar butir material baja AISI 1050 dari pengaruh tiga variasi media pendingin pada dalam proses laku pengerasan

1.5 Manfaat

Dari penelitian ini diharapkan manfaat dengan memberikan kontribusi dan pengetahuan pada dunia akademis dan praktisi tentang pengaruh variasi media pendingin pada laku panas terhadap nilai kekerasan, nilai ketangguhan metalografi dan besar butir pada material baja AISI 1050.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan disusun untuk memberikan gambaran penjas mengenai bagian – bagian penelitian, diantaranya:

- **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan secara singkat tinjauan secara umum mengenai latar belakang, rumusan permasalahan, batasan masalah, tujuan, manfaat, sistematika penulisan

- **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menjelaskan beberapa teori penunjang yang digunakan untuk menyelesaikan penelitian ini.

- **BAB III METODOLOGI**

Bab ini menjelaskan metodologi penelitian, diagram langkah penelitian, spesifikasi dan langkah proses pengujian-pengujian yang dilakukan.

- **BAB IV HASIL DAN ANALISA**

Membahas tentang hasil pengujian diantaranya adalah pengujian kekerasan, kekuatan impak, metalografi dan besar butir.

- **BAB V PENUTUP**

Membahas tentang kesimpulan dari hasil analisis dan saran dalam penyusunan penelitian.

- ❖ **DAFTAR PUSTAKA**

Berisi tentang referensi – referensi yang terkait dengan materi pembahasan, berupa buku, jurnal penelitian terdahulu, maupun website yang dijadikan acuan untuk menyelesaikan penelitian ini.

- ❖ **LAMPIRAN**

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Pisau Igrek

Pisau Igrek merupakan alat pertanian yang digunakan pada panen kelapa sawit saat usia pohon kelapa sawit sudah berusia lebih dari 6 tahun dengan ketinggian rata-rata 3 meter. Perkakas tersebut berfungsi untuk memotong kelapa sawit dari batang pohon kelapa sawit sehingga pisau Igrek perlu memiliki kekerasan yang tinggi pada sisi potong agar tajam untuk memotong batang kelapa sawit tanpa menyebabkan pisau Igrek mudah aus. Bahan yang digunakan untuk membuat peralatan pertanian pisau Igrek adalah baja karbon sedang. Indonesia merupakan salah satu penghasil (produsen) minyak kelapa sawit terbesar di dunia sehingga peralatan panen ini sangat vital dalam hal penggunaannya sehingga keberadaannya menunjang proses kegiatan pemanenan buah kelapa sawit. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) syarat mutu pisau Igrek sebagai alat pemotong kelapa sawit memiliki kekerasan sisi potong minimal 45.3 HRC



Gambar 2.1 Pisau Igrek

2.2 Baja

Baja pada dasarnya adalah paduan besi dan karbon. Baja adalah paduan yang paling banyak digunakan manusia, jenis dan bentuknya sangat banyak. Karena penggunaannya yang sangat luas maka berbagai pihak sering membuat klasifikasinya. Menurut komposisi kimianya baja dibagi menjadi dua kelompok besar yaitu baja karbon dan baja paduan. Namun dalam pembahasan tugas akhir ini di khususkan pada baja karbon. Karbon adalah unsur penguat utama pada baja karbon. Semakin banyak kandungan karbon maka kekerasan (*hardness*), kekuatan (*strength*) baja akan meningkat tetapi keuletan (*ductility*) semakin menurun. Disamping itu baja karbon juga bisa mengandung unsur campuran lain yang disebut paduan, misalnya karbon (C), sulfur (S), posfor (P), silikon (Si) dan mangan (Mn) yang jumlahnya dibatasi berdasarkan kegunaannya ataupun kepentingan pabrikan dan disesuaikan berdasarkan standar ASTM (*American Society for Testing and Material*). (Sundari Hariyati Harahap, 2008)

Sifat baja karbon tergantung pada besarnya kadar karbon, semakin tinggi kadar karbonnya maka kekuatan dan kekerasannya akan semakin tinggi. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0.1% hingga 1.7%. Sehingga berdasarkan kandungan karbon, baja karbon digolongkan menjadi 3 bagian:

1. Baja karbon rendah ($C < 0,3 \%$)

Baja karbon rendah mengandung karbon dalam campuran baja karbon kurang dari 0.3%. Baja ini bukan baja yang keras karena kandungan karbonnya yang rendah kurang dari 0.3% C. Baja karbon rendah tidak dapat dikeraskan karena kandungan karbonnya tidak cukup untuk membentuk struktur martensit (Amanto, 1999)

2. Baja karbon sedang (0,3 % C sampai 0,6% C)

Baja karbon sedang mengandung karbon 0.3% C - 0.6% C. Kandungan karbonnya memungkinkan baja untuk dikeraskan sebagian dengan perlakuan panas (Heat Treatment) yang

sesuai. Baja karbon sedang lebih keras serta lebih kuat dibandingkan dengan baja karbon rendah (Amanto, 1999)

3. Baja karbon tinggi (0,6% C sampai 1,7% C)

Baja karbon tinggi mengandung karbon 0.6% C - 1.7% C dan memiliki kekerasan tinggi namun keuletannya lebih rendah, hampir tidak dapat diketahui jarak tegangan lumernya terhadap tegangan proporsionalnya pada grafik tegangan regangan. Pengerasan dengan perlakuan panas pada baja karbon tinggi tidak memberikan hasil yang optimal karena terlalu banyaknya martensit sehingga membuat baja menjadi getas (Amanto, 1999)

2.2.1 Pengaruh Unsur Paduan Pada Baja

Baja karbon bukan berarti baja yang sama sekali tidak mengandung unsur lain selain besi dan karbon. Baja karbon masih mengandung sejumlah unsur lain, tetapi masih dalam batas-batas tertentu yang tidak banyak berpengaruh terhadap sifatnya. Unsur ikatan yang berasal dari proses pembuatan besi/baja yang akan sedikit berpengaruh tersebut antara lain:

1). Mangan (Mn)

Mangan dalam proses pembuatan baja berfungsi sebagai deoksidizer (pengikat O_2) sehingga proses peleburan dapat berlangsung baik. Kadar Mn yang rendah dapat menurunkan kecepatan pendinginan kritis. Dapat menaikkan kekuatan, kekerasan dan ketahanan aus.

2). Unsur Karbon (C)

Karbon merupakan salah satu unsur terpenting yang dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan baja. Karbon dalam besi dapat berupa larutan padat intertisi, dengan atom yang kecil dikelilingi oleh atom-atom yang lebih besar. Pada suhu dibawah $912^{\circ}C$ terdapat daerah temperatur fasa perlit dimana besi mempunyai struktur bcc. Di atas suhu $912^{\circ}C$ terdapat daerah temperatur fasa austenit dimana besi mempunyai struktur fcc

3). Silikon (Si)

Silikon merupakan unsur paduan yang ada pada setiap baja dengan jumlah kandungan lebih dari 0.4% yang mempunyai pengaruh menaikkan tegangan tarik dan menurunkan kecepatan pendinginan kritis (laju pendinginan minimal yang dapat menghasilkan 100% martensit). Dapat menaikkan kekuatan, kekerasan, kemampuan diperkeras secara keseluruhan, ketahanan aus, tahan terhadap panas dan karat, dan tahan terhadap korosi.

2.2.2 Diagram Fase Fe-Fe₃C

Dalam besi cair karbon dapat larut, tetapi dalam keadaan padat kelarutan karbon dalam besi akan terbatas. Selain sebagai larutan padat, besi dan karbon juga dapat membentuk senyawa *interstisial* (*interstitial compound*), eutektik dan juga eutektoid, atau mungkin juga karbon akan terpisah (sebagai grafit). Karena itu diagram fase besi-karbon ada 2 macam, diagram fase besi – karbida besi dan diagram fase besi – grafit.

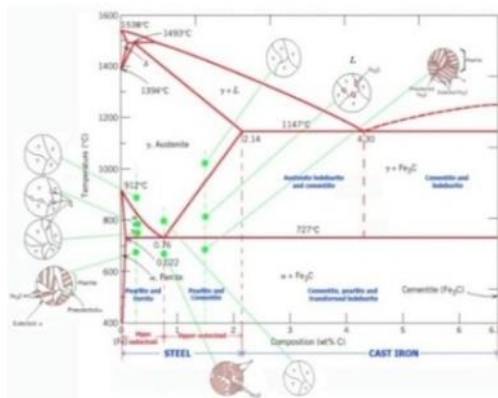
Diagram keseimbangan besi – karbon cukup kompleks, tetapi hanya sebagian saja yang penting bagi dunia teknik, yaitu bagian antara besi murni sampai senyawa *interstitial*-nya, karbida besi Fe₃C, yang mengandung 6,67 %C. dan diagram fase yang banyak digunakan adalah diagram fase besi – karbida besi, diagram Fe – Fe₃C.

Pada keadaan yang betul – betul ekuilibrium karbon akan berupa karbon bebas (grafit), sehingga akan diperoleh diagram kesetimbangan besi - grafit. Perubahan – perubahan dalam keadaan ekuilibrium berlangsung terlalu lama. Seharusnya karbida besi akan terjadi pada temperatur kamar (pada temperatur sekitar 700°C pun perubahan ini akan makan waktu bertahun – tahun). Dalam hal ini karbida besi dikatakan

sebagai suatu struktur yang metastabil. Diagram fase besi – karbida dapat dilihat pada Gambar 2.1.

Dari Gambar 2.1 tampak bahwa diagram fase ini memiliki tiga garis mendatar yang menandakan adanya reaksi yang berlangsung secara *isothermal*, yaitu :

- Pada 1496°C, kadar karbon antara 0.10 – 0.50 %, berlangsung reaksi peritektik. $L + \delta \rightarrow \gamma$ (daerah ini tidak begitu penting untuk dunia teknik)
- Pada 1130°C, kadar karbon antara 2,0 – 6,67 %, berlangsung reaksi eutektik. $L \rightarrow \gamma + \text{Fe}_3\text{C}$
- Pada 723°C, kadar karbon antara 0.025 – 6.67 %, berlangsung reaksi *eutectoid*. $\Gamma \rightarrow \alpha + \text{Fe}_3\text{C}$ (Avner, 1974)



Gambar 2. 2 Diagram fase Fe - Fe₃C

2.3 Laku Panas

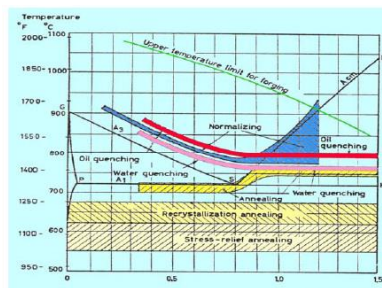
Perlakuan panas adalah kombinasi dari operasi pemanasan dan pendinginan dengan kecepatan tertentu yang dilakukan terhadap logam atau paduan dalam keadaan padat, sebagai suatu upaya untuk memperoleh sifat-sifat tertentu (Avner, 1987).

Secara umum Laku Panas dibagi dalam tiga tahap, yaitu:

1. Pemanasan sampai suhu tertentu sesuai dengan proses heat treatment dan dengan kecepatan tertentu tergantung dari dimensi dan konduktifitas perpindahan panas benda kerja.
 2. Mempertahankan suhu untuk waktu tertentu, sehingga temperaturnya merata pada seluruh bagian benda kerja.
 3. Pendinginan dengan media pendingin yang bergantung pada proses heat treatment dan benda kerja. Pada baja karbon rendah dan sedang biasanya digunakan air sebagai media pendingin, karena laju pendinginannya cukup cepat sehingga terbentuk martensit. Sedangkan pada baja karbon tinggi dan baja paduan digunakan minyak sebagai media pendingin dengan laju pendinginan yang lebih lambat.
- (Rina Dwi Yani, 2008)

2.3.1 Laku Panas Kondisi Setimbang (Ekulilibrium)

Laku panas kondisi setimbang dilakukan dengan kondisi setimbang atau paling tidak mendekati kondisi setimbang. Tujuan umum dari perlakuan panas jenis ini diantaranya adalah untuk melunakkan struktur Kristal, menghaluskan butir, menghilangkan tegangan dalam dan memperbaiki *machineability*. Jenis dari perlakuan panas near equilibrium, misalnya: *full annealing*, *stress relief annealing*, *process annealing*, *sphreoidizing*, *normalizing*, dan *homogenizing*.



Gambar 2.3 Daerah Temperatur Laku Panas Ekuilibrium

2.3.2 Laku Panas Kondisi Tidak Setimbang (Non Equilibrium)

Proses Laku Panas yang dilakukan pada keadaan yang tidak setimbang. Hal ini dilakukan dengan cara memberikan pendinginan cepat pada logam yang sudah dipanaskan sehingga tidak ada kesempatan bagi material yang sudah dipanaskan untuk mencapai kondisi yang setimbang karena waktu yang dibutuhkan untuk transformasi / dekomposisi tidak cukup.

1. Temperatur austenitising:
 - a. Baja hypoeutektoid $25 - 50^{\circ}\text{C}$ di atas temperatur kritis atas A_3
 - b. Baja hypereutektoid $25 - 50^{\circ}\text{C}$ di atas temperatur kritis bawah A_1
2. Waktu penahanan (holding time)

Agar austenit menjadi lebih homogen, maka perlu diberi kesempatan pada atom-atom untuk berdifusi.
3. Laju Pendinginan

Laju pendinginan tergantung beberapa faktor, yaitu:

 - a. Jenis media pendinginnya
 - b. Temperatur media pendingin
 - c. Kuatnya sirkulasi

2.3.2.1 Pengerasan (*Hardening*)

Pengerasan adalah salah satu laku panas dengan kondisi non ekuilibrium yaitu laku panas yang pendinginannya berlangsung pada kondisi non ekuilibrium (pendinginan yang sangat cepat) sehingga struktur mikro yang diperoleh adalah struktur mikro yang tidak ekuilibrium. Kekerasan didefinisikan sebagai ketahanan sebuah benda terhadap penetrasi atau daya tembus dari bahan lain yang lebih keras (penetrator). Bila diperlukan sifat tahan aus (*wear resistance*) dari suatu bagian, maka sifat kekerasan sangat menentukan. Tahan aus (*wear resistance*) yaitu ketahanan material

terhadap penggoresan atau pengikisan. Kekerasan baja juga tergantung pada komposisi kimianya, terutama kadar karbonnya. Makin tinggi kadar karbon maka akan makin keras.

Tetapi kekerasan baja masih dapat diubah dengan merubah struktur mikronya. Kekerasan yang sangat tinggi akan dapat diperoleh dengan melakukan proses laku panas pengerasan dilanjut dengan quenching untuk memperoleh struktur martensit yang keras. Kekerasan maksimum yang dapat dicapai setelah proses laku panas pengerasan banyak tergantung pada kadar karbon, makin tinggi kadar karbonnya maka makin tinggi kekerasan maksimum yang dapat dicapai.

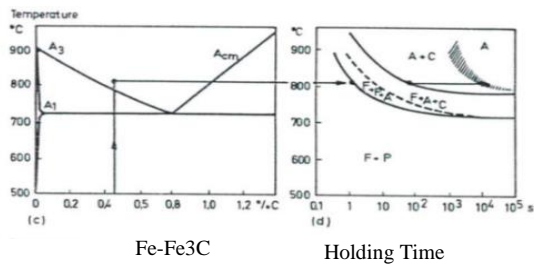
2.3.2.2 Transformasi Pemanasan

Pada suatu kondisi pemanasan belum tentu semua karbon dalam baja akan larut dalam austenit, tergantung juga pada ketinggian temperatur pemanasan. Karena itu kekerasan yang terjadi setelah proses laku panas pengerasan banyak tergantung pada beberapa hal, yaitu : Temperatur pemanasan (austenitising), homogening austenit (Holding Time), laju pendinginan, kondisi permukaan benda kerja, ukuran/berat benda kerja yang dikeraskan, dan hardenability dari baja itu sendiri. Semakin tinggi kadar karbon maka semakin tinggi hardenability yang dimiliki baja. Temperatur pemanasan, lama waktu tahan dan laju pendinginan untuk pengerasan banyak tergantung pada komposisi kimia dari baja.

Seperti ditunjukkan pada gambar 2.3, tampak bahwa selama pemanasan dibawah temperatur kritis garis A1 maka belum terjadi perubahan struktur mikro. Perubahan baru mulai terjadi bila temperatur pemanasan mencapai garis atau temperatur A1 (butir-butir kristal perlit bertransformasi menjadi austenit yang halus). Pada baja hypoeutektoid bila pemanasan dilanjutkan ke temperatur yang lebih tinggi maka butir kristalnya mulai bertransformasi menjadi sejumlah kristal austenit yang halus, sedang butir kristal austenit yang sudah ada (yang berasal dari perlit) hampir tidak tumbuh.

Perubahan ini selesai setelah menyentuh garis A3 (temperatur kritis A3). Pada temperatur ini butir kristal austenit masih halus sekali dan tidak homogen. Dengan menaikkan temperatur sedikit diatas temperatur kritis A3 (garis A3) dan memberi waktu penahanan (holding time) seperlunya maka akan diperoleh austenit yang lebih homogen dengan butiran kristal yang juga lebih halus

Selain itu dengan memberi waktu penahanan (holding time) yang cukup maka akan memberi waktu untuk karbon bergerak terlarut dalam austenit. Semakin sedikit waktu penahanan yang diberikan maka akan semakin sedikit pula komposisi karbon yang terlarut pada austenit, dan sebaliknya semakin lama waktu penahanan yang diberikan maka akan semakin banyak komposisi kadar karbon yang terlarut dalam austenit. Sehingga hal ini dapat menyebabkan perbedaan kekerasan pada benda kerja yang dilaku panas dengan waktu penahanan sedikit dengan waktu penahanan lama (Fajar Kurniawan, 2007).

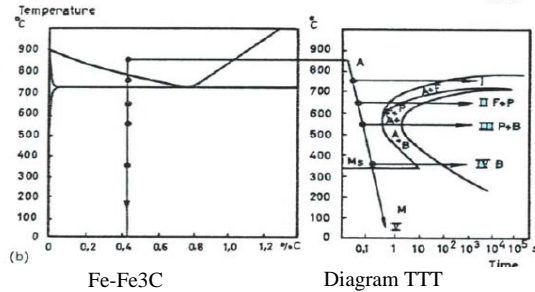


Gambar 2.4. Grafik Tranformasi Pemanasan Hypoeutectoid

2.3.2.3 Laju Pendinginan

Untuk dapat memperoleh struktur yang sepenuhnya martensit maka laju pendinginan harus dapat mencapai laju pendinginan kritis (Critical Cooling Rate – CCR), bila laju pendinginan yang kurang dari CCR maka akan mengakibatkan adanya sebagian austenite yang tidak

bertransformasi menjadi martensit tetapi menjadi struktur lain yaitu retained austenite (austenite sisa), sehingga kekerasan maksimum tentu tidak akan tercapai



Gambar 2.5. Grafik Tranformasi Pendinginan Hypoeutectoid

Dari gambar 2.4 ditunjukkan pembentukan struktur martensit terjadi melalui proses pendinginan cepat (quench) dari fasa austenite (struktur FCC – Face Centered Cubic) hingga temperature ruang yang berakibat pada terperangkapnya karbon dalam austenite sehingga karbon dalam austenit tersebut tidak sempat berdifusi keluar (terjebak dalam struktur kristal) karena terjadi peregangan kisi yang seharusnya terbentuk Perlite dengan struktur BCC – Body Centered Cubic, menjadi martensit yang berstruktur BCT (Body Centered Tetragonal) yang sangat tegang sehingga mempunyai sifat yang keras dan getas.

Kemampuan suatu jenis media pendingin (Laju pendinginan) dalam mendinginkan specimen bias berbeda-beda, tergantung pada beberapa faktor : temperatur media pendingin, kuatnya sirkulasi pada media pendingin, kekentalan, kadar larutan, bahan dasar media pendingin (Arief Murtionio, 2012)

2.3.2.4 Quenching

Quenching adalah proses pemanasan logam sampai suhu austenitisasi, ditahan beberapa waktu (Holding Time)

agar austenite dapat lebih homogen, kemudian didinginkan secara cepat sehingga akan membentuk struktur martensit yang memiliki kekerasan yang lebih tinggi daripada struktur perlit dan ferit.. Quenching ini bertujuan menambah kekerasan baja yang biasanya dilakukan untuk memperoleh sifat tahan aus yang tinggi atau kekuatan yang lebih baik. Meskipun quenching dapat memperbaiki sifat mekanik baja tetapi di sisi lain akan menimbulkan tegangan dalam yang dapat menyebabkan terjadinya perubahan bentuk yang biasanya mengakibatkan adanya retakan sehingga ketika kekerasan meningkat maka keuletan dan ketangguhan akan menurun. Untuk mencapai kekerasan pada baja tergantung pada laju pendinginan yang kita inginkan seperti yang tertera pada gambar 2.5. Tiap jenis media *quenching* akan memberikan laju pendingin yang berbeda. Kekerasan yang dihasilkan akan dipengaruhi oleh laju pendinginan tersebut. Laju pendinginan yang cepat akan didapatkan sifat logam yang keras dan getas, sedangkan untuk laju pendinginan yang lambat akan didapatkan sifat yang lunak dan ulet (Arfis A, 2012)



Gambar 2.6 Jenis Media Pendingin

| <i>Agitation</i> | <i>Coefficient of severity of quench H</i> | | |
|------------------|--|---------------------------------|--------------|
| | <i>Oil</i> | <i>Cooling medium Water</i> | <i>Brine</i> |
| None | 0.25-0.30 | 0.9-1.0 | 2.0 |
| Mild | 0.30-0.35 | 1.0-1.1 | 2.0-2.2 |
| Moderate | 0.35-0.40 | 1.2-1.3 | |
| Good | 0.4-0.5 | 1.4-1.5 | |
| Strong | 0.5-0.8 | 1.6-2.0 | |
| Violent | 0.8-1.1 | 4.0 | 5.0 |

Gambar 2.7 Koefisien Pendinginan Berbagai Media Pendingin

Berikut nilai viskositas (kekentalan) dan densitas (massa jenis) dari media pendingin yang digunakan:

1). Air Garam

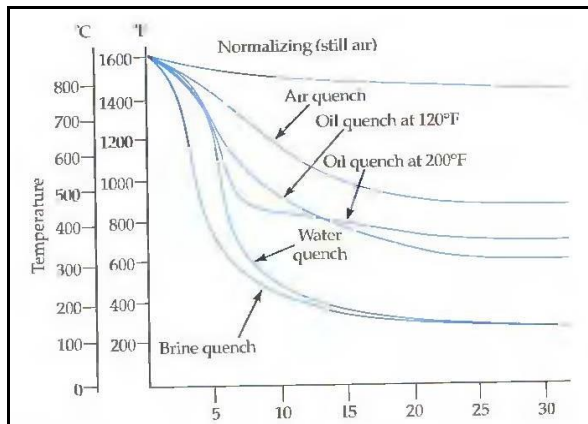
Air Garam memiliki viskositas yang rendah sehingga nilai kekentalan cairan kurang sehingga laju pendinginannya cepat. Massa jenisnya juga lebih besar dibandingkan dengan media pendingin lain seperti air, solar, oli dan udara. Semakin tinggi massa jenis yang dimiliki suatu media pendingin maka semakin cepat laju pendinginannya.

Air Garam digunakan sebagai media pendingin karena memiliki sifat mendinginkan yang lebih merata dan cepat pada semua bagian permukaan benda uji sehingga mempunyai kualitas yang seragam. Selain itu bahan yang didinginkan dalam air garam akan mempunyai ikatan yang lebih keras karena pada permukaan logamnya memiliki kadar zat arang yang lebih tinggi. Penambahan garam diatas 6% mampu meningkatkan laju pendinginan lebih cepat dibandingkan pada air tanpa garam (Yunaidi, 2016)

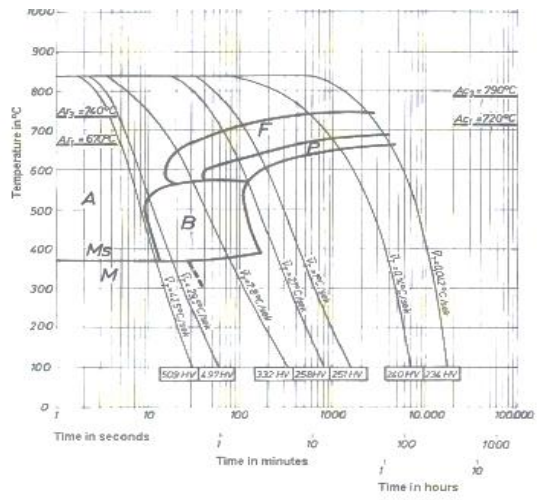
2). Air

Air memiliki massa jenis yang besar tetapi lebih kecil dari air garam, kekentalannya rendah sama dengan air garam, tetapi laju pendinginannya lebih lambat dari air garam. Kekurangannya ia mudah membentuk selimut uap yang

menutupi permukaan komponen, sehingga menghasilkan pendinginan tidak seragam dipenampang permukaan yang luas.



Gambar 2.8 Laju Pendinginan Media Pendingin



Gambar 2.9. Diagram CCT Baja AISI 1050

Pendinginan yang dialami suatu benda pada proses laku panas biasanya pendinginan yang kontinyu, sehingga biasanya diagram CCT lebih banyak digunakan. Letak kurva semacam ini akan bergeser bila transformasi berlangsung pada temperatur yang menurun. Karena itu perlu dibuat suatu diagram transformasi pada pendinginan kontinyu. Diagram transformasi semacam ini dinamakan CCT (Continuous Cooling Transformation). Struktur martensit hanya dapat diperoleh dari austenite yang didinginkan cepat yaitu yang lebih cepat dari laju pendinginan kritisnya agar tidak terbentuk struktur lain.

2.4 Uji Kekerasan Rockwell

Pada pengujian kekerasan rockwell, angka kekerasan yang di peroleh merupakan fungsi dari kedalaman indentasi pada specimen akibat pembebanan statis. Pada pengujian dengan metode rockwell dapat digunakan dua bentuk indendtor, yaitu berbentuk bola dari baja yang dikeraskan dengan berbagai diameter, dan bentuk kerucut dari intan (*diamond cone*). Beban yang diberikan pada saat indentasi disesuaikan dengan bentuk dan dimensi indenter, dimana angka kekerasan specimen uji dapat dibaca langsung pada mesin.

Angka kekerasan Rockwell tidak bersatuan, tetapi dengan satu huruf depan seperti pada tabel 2.1 yang menyatakan kondisi pengujian.

Tabel 2.1 Skala Uji dan Jenis Identer Kekerasan Rockwell

| Scale | Identer | Mayor Weight (kgf) | Unit |
|-------|-------------------|--------------------|------|
| B | Ball Ø 1.588 mm | 100 | HRB |
| C | Diamond Cone 120° | 150 | HRC |

2.5 Uji Metalografi

Ilmu logam secara garis besar dibagi menjadi 2 yaitu metalurgi dan metalography. Metalurgi yaitu ilmu yang mempelajari tentang perpaduan logam dengan unsur-unsur tertent

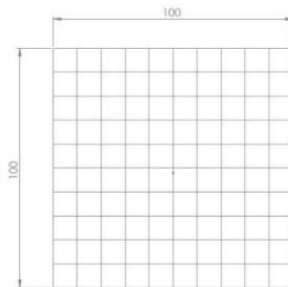
seperti titanium, copper, yang bertujuan untuk memperkuat atau menambah ketangguhan logam, yang digunakan untuk berbagai kebutuhan khusus seperti engine blok piston dll.

Metalografi merupakan suatu metode untuk menyelidiki struktur logam dengan menggunakan miroskop optis dan mikroskop electron dengan perbesaran 50 – 3000 kali. Sedangkan struktur yang terlihat pada mikroskop tersebut disebut mikrostruktur. Pengamatan tersebut dilakukan terhadap spesimen yang telah diproses sehingga bisa diamati dengan pembesaran tertentu.

2.5.1 Metode Perhitungan Uji Metalografi

Untuk memudahkan menentukan presentase struktur mikro diperlukan penggambaran garis bantu pada hasil foto *Metallography Test* baik untuk perhitungan presentase tiap struktur mikro maupun perhitungan rata-rata besar butir.

2.5.1.1 Menghitung Presentase Tiap Microstruktur (ASTM E - 562)



Gambar 2.10 Garis Bantu Menghitung Presentase Tiap Struktur Mikro

Sebelumnya hasil foto *Metallography Test* dicrop dengan dimensi (100x100 mm). Rumus yang digunakan untuk menentukan presentase tiap struktur mikro, yaitu:

$$P_{Ms}() = \frac{Q_{Ms}()}{Q_o} \times 100\%$$

Keterangan:

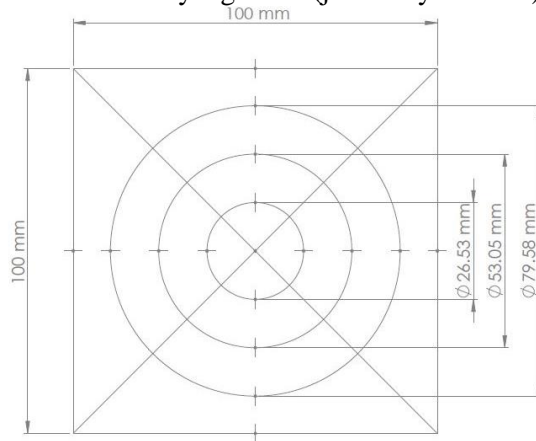
$P_{Ms}()$: Presentase *Microstruktur* tertentu (%)

$Q_{Ms}()$: Jumlah titik *Microstruktur* tertentu

Q_o :Jumlah titik total

2.5.1.2 Menghitung Rata-rata Besar Butir (ASTM E112)

Dengan mengetahui besar butir suatu struktur mikro kekerasan suatu material dapat ditentukan, benda kerja dengan ukuran struktur mikro yang kecil (jumlahnya banyak) akan lebih keras dibanding benda kerja dengan ukuran struktur mikro yang besar (jumlahnya sedikit).



Gambar 2.11 Garis Bantu Intercept Counting ASTM E112 (Standard Test Methode Determining Average Grain Size)

Sebelumnya hasil foto *Metallography Test dithreshold*. Penandaan batas butir dapat hanya menggunakan 3 lingkaran ($L_T=500mm$) maupun seluruh garis

($L_T=1200\text{mm}$). Metode ini cocok untuk butir yang tidak beraturan. Rumus yang digunakan untuk menentukan ukuran besar butir yaitu:

$$G = (-6.645 \log \frac{L_T}{N \times M}) - 3.298$$

Keterangan:

G : *Grain Size Number*

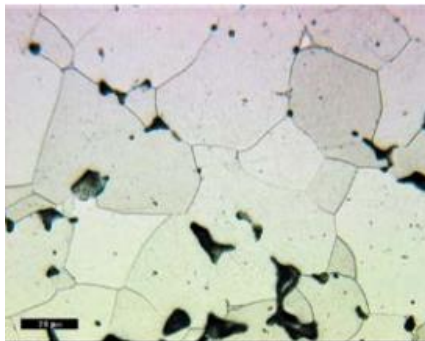
L_T : Total panjang garis yang terkena batas butir (mm)

N : Jumlah titik potong batas butir yang terkena garis

M : Total perbesaran mikroskop

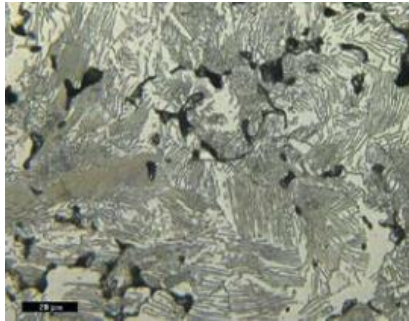
2.5.2 Macam-macam Struktur Mikro

Berikut ini adalah penjelasan dari berbagai gambar struktur mikro yang terkandung dalam logam :



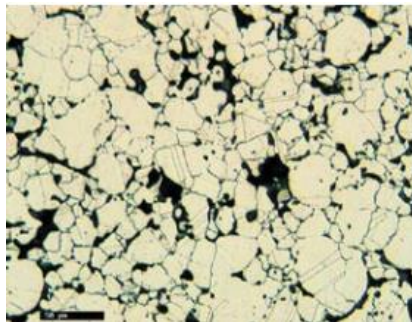
Gambar 2.12 Struktur Mikro Ferrit

Ferrit yaitu larutan padatan interstisial karbon dalam besi α dengan kadar karbon 0,025% pada suhu 723°C dan 0,008% di temperatur kamar. Berbentuk butir-butir kristal yang padat. Struktur Kristal BCC. Berwarna putih terang. Sifat mekanis lunak dan ulet (kondisi annealing). Kekerasan 140-180 HVN



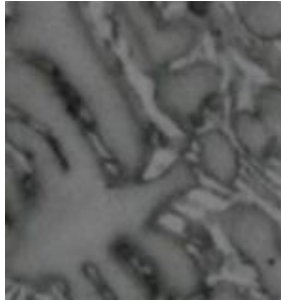
Gambar 2.13 Struktur Mikro Pearlit

Pearlite yaitu suatu eutectoid mixture dari cementite dan ferrite terdiri dari lapisan alpha-ferrit (88%) dan cementite (12%) dengan kadar karbon 0,8% terbentuk pada suhu 723°C. Berbentuk pipih atau berlapis. Berwarna kehitaman. Sifat mekanis lunak. Kekerasan $\pm 180\text{-}250$ HVN



Gambar 2.14 Struktur Mikro Austenite

Autenite yaitu larutan padat interstisial karbon dalam besi γ dengan kadar karbon 2%. Struktur Kristal FCC. Berbentuk padatan seperti plat. Berwarna abu-abu terang. Sifat mekanis lunak dan ulet (kondisi besi murni). Kekerasan ± 390 HVN



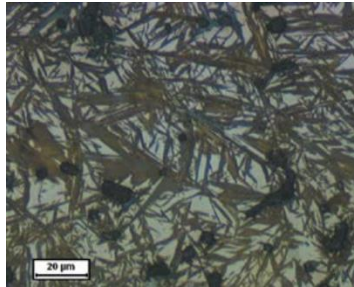
Gambar 2.15 Struktur Mikro Cementite

Cementite yaitu karbida besi Fe_3C merupakan senyawa interstisial dengan kadar karbon 6,67%. Struktur Kristal Orthorhombik. Berbentuk jaringan (network). Berwarna putih. Sifat mekanis sangat keras dan getas. Kekerasan ± 800 HVN



Gambar 2.16 Struktur Mikro Bainite

Bainite yaitu acicular mikro yang berbentuk pada baja pada suhu sekitar $250-550^\circ\text{C}$ dengan kadar karbon $<0,5\%$. Struktur Kristal BCC. Berbentuk jarum-jarum acicular yang tidak sejajar satu sama lain. Berwarna abu-abu gelap. Sifat mekanis sangat keras dan getas. Terjadi karena adanya pendinginan cepat dan disertai penahanan temperature. Kekerasan 300-400 HVN.



Gambar 2.17 Struktur Mikro Martensit

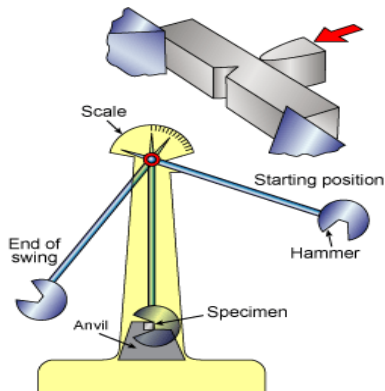
Martensite yaitu struktur metastabil yang terbentuk karena proses pendinginan yang cepat atau sangat cepat pada temperatur austenitisasinya dengan kadar karbon $>0,5\%$. Struktur Kristal BCT. Berbentuk jarum-jarum pendek. Berwarna hitam pekat. Sifat mekanis sangat keras. Kekerasan > 500 HVN

2.6 Uji Impak

Pengujian impak merupakan suatu pengujian yang mengukur ketahanan suatu material terhadap beban pukulan atau beban kejut (*impact*) yang dinyatakan dengan besar energi yang diperlukan untuk mematahkan spesimen uji. Metode yang telah menjadi standart untuk uji Impak ada 2, yaitu Uji Impak metode Charpy dan metode Izod. Metode Charpy banyak digunakan di Amerika Serikat, sedangkan metode Izod lebih sering digunakan di sebagian besar dataran Eropa.

Pada tugas akhir ini digunakan metode uji Impak Charpy. Untuk mekanisme posisi penempatan benda dan perpatahan benda uji impak Charpy ditunjukkan pada gambar 2.18. Dimana benda uji dibuat takikan (*notch*) terlebih dahulu sesuai dengan standar ASTM E - 23. Pada metode Charpy batang uji diletakkan mendatar dan ujung-ujungnya ditahan ke arah mendatar oleh penahan yang berjarak 40 mm. Lalu bandul berayun untuk

memukul batang uji tepat di belakang takikan. Hasil pengujian pada benda uji tersebut akan terjadi perubahan bentuk seperti bengkokan atau patahan sesuai dengan keuletan atau kegetasan terhadap benda uji tersebut. Percobaan uji *impact charpy* dilakukan dengan cara pembebanan secara tiba-tiba terhadap benda uji (Handoyo, 2013)



Gambar 2. 18 Mekanisme Perpatahan Uji Impak Metode *Charpy*

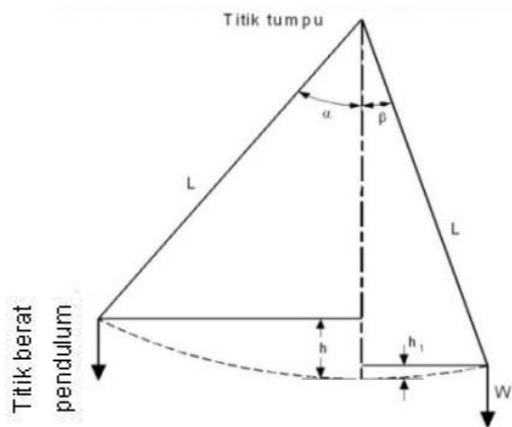
Fracture atau kepatahan pada suatu material bisa digolongkan sebagai brittle atau ductile fracture. Suatu material yang mengalami kepatahan tanpa mengalami suatu deformasi plastis dikatakan patah secara brittle, sedangkan apabila kepatahan didahului dengan suatu deformasi plastis dikatakan mengalami ductile fracture. Material yang mengalami brittle fracture hanya mampu menahan energi yang kecil saja sebelum mengalami kepatahan. Dalam hal ini energi didapat dari suatu bandul yang mempunyai ketinggian tertentu dan berayun memukul benda uji, berkurangnya energi potensial dari bandul sebelum dan sesudah memukul benda uji merupakan energi yang dapat diserap oleh benda uji tersebut.

Kekuatan Impak suatu bahan didefinisikan sebagai energi yang digunakan untuk mematahkan batang uji dibagi dengan luas penampang pada daerah takikan. Energi untuk mematahkan batang uji dihitung berdasarkan berat dan ketinggian ayunan pendulum sebelum dan setelah impak, tanpa memperhatikan kehilangan energi. Energi yang dipakai untuk mematahkan benda kerja dapat dihitung sebagai berikut:

$$\Delta E = W \cdot L (\cos \beta - \cos \alpha) \text{ (J)}$$

Untuk mendapatkan nilai kekuatan impak yaitu ΔE (kgm) dibagi dengan luas penampang benda kerja dibagian yang patah (mm^2):

$$IS = \frac{W \cdot L (\cos \beta - \cos \alpha)}{A} \text{ (J/mm}^2\text{)}$$



Gambar 2.19 Sudut Pembebanan Pada Charpy Impact Test

Keterangan:

E_0 : Energi awal saat pendulum dilepas (J)

α : Sudut awal ($^\circ$) = 140°

E_1 : Energi akhir saat pendulum menghantam benda uji (J)

β : Sudut akhir ($^\circ$)

W : Berat pendulum (N)

L : Jarak titik tumpu ke titik berat pendulum (m)

ΔE : Energi yang digunakan mematahkan benda kerja (J)

A : Luas penampang patahan benda uji (mm^2)

IS : Kekuatan Impak (J/mm^2)

h : ketinggian pendulum sebelum diayunkan (m)

h_1 : ketinggian pendulum setelah keadaan patah (m)

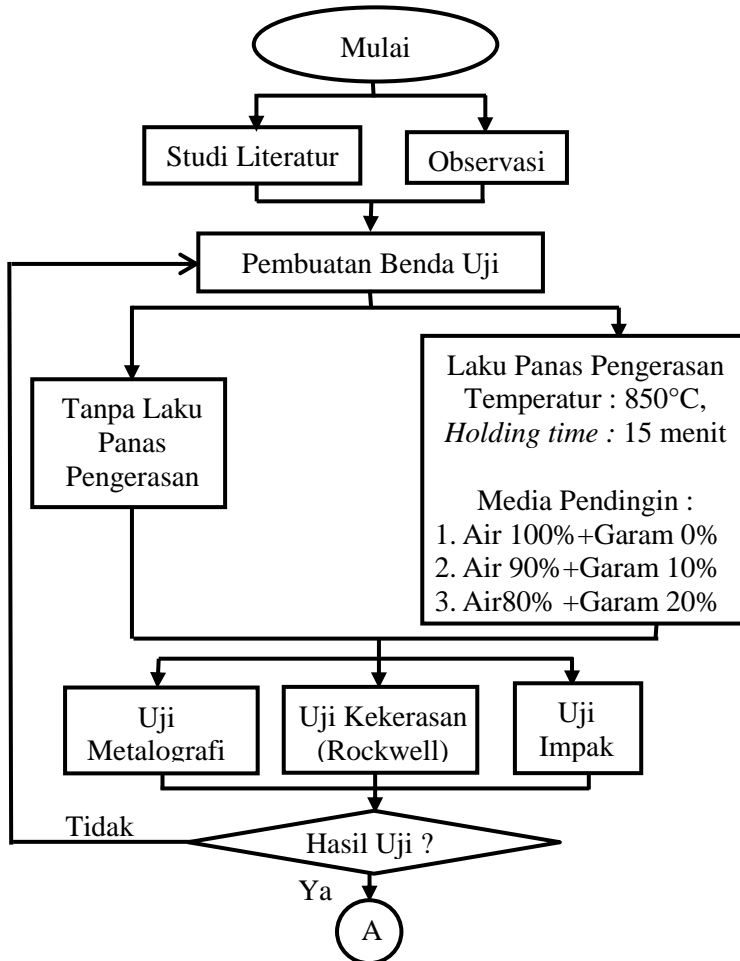
(Muhammad Yunus, 2016)

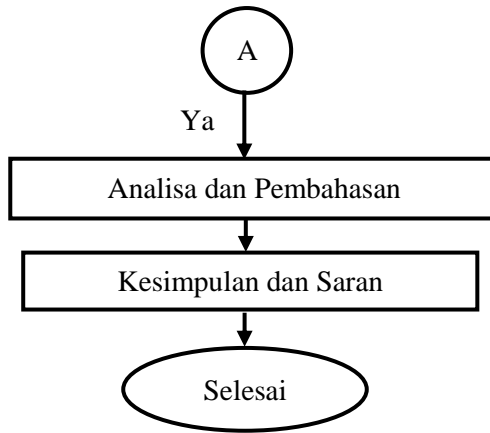
(Halaman ini sengaja dikosognkan)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Pengerjaan dalam pembuatan tugas akhir ini sesuai dengan diagram alir, dapat dilihat pada gambar 3.1 pada diagram di bawah ini.





Gambar 3.1 *Flowchart* Diagra

3.2 Bahan

Bahan yang digunakan adalah Baja AISI 1050 yang merupakan baja karbon sedang dengan komposisi kadar karbon berkisar 0,5 %. Adapun unsur-unsur yang terkandung pada bahan yang digunakakan seperti terlihat pada tabel 3.1 dan sifat mekanik bahan saat kondisi awal seperti terlihat pada tabel 3.2

Tabel 3. 1 Unsur Kimia Bahan

| Unsur | C | Mn | Si |
|-------|-----|-----|-----|
| % | 0.5 | 0.6 | 0.3 |

Tabel 3. 2 Sifat Mekanik Bahan

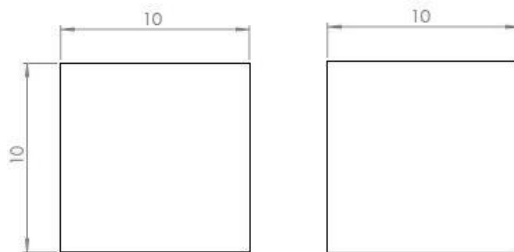
| | |
|--------------------------|----------------------------|
| Impact Strength (IS) | 0.342 (J/mm^2) |
| Kekerasan | 92.8 HRB |
| Komposisi Struktur Mikro | 62 % perlit 38 % ferrit |

3.3 Benda Uji

Benda uji seluruhnya dilakukan proses pemotongan.

3.3.1 Benda Uji Kekerasan (ASTM E-18)

Benda uji dipotong dengan dimensi yang sudah ditentukan, yaitu 10 mm x 10 mm serta tebal 10 mm. seperti pada gambar 3.4. Dilakukan uji kekerasan sesuai standard uji Kekerasan ASTM E – 18 :

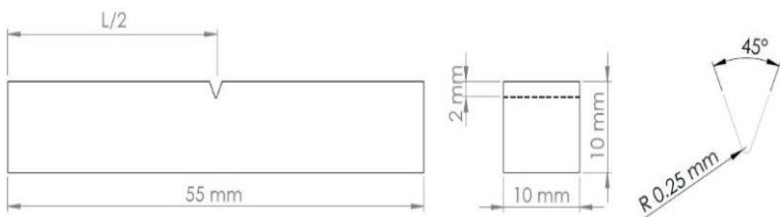


Gambar 3.2 Dimensi Benda Uji Kekerasan

3.3.2 Benda Uji Impact (ASTM E-23)

Benda uji berbentuk sesuai standart dimensi uji Impak yang merujuk pada ASTM E - 23, dapat dilihat pada gambar 3.5. Dengan dimensi benda uji 55 mm x 10 mm x 10 mm

- Dalam takikan = 2 mm
- Jari – jari Takikan = 0.25 mm
- Sudut Takikan 45°



Gambar 3.3 Dimensi Benda Uji Impak

3.3.3 Benda Uji Metallografi (ASTM E-95 dan ASTM E – 407)

Benda uji yang digunakan adalah benda uji bekas uji kekerasan. Pengujian ini didasarkan pada ASTM E3 – 95 dan ASTM E – 407. Langkah – langkah pengujian ini adalah :

1. Benda Uji di grinding menggunakan kertas gosok dengan grid 100 & 1000 pada mesin *grinding* yang dialiri air pada mesin *grinding – polishing*.
2. Benda Uji dipoles menggunakan kain bludru dan autosol hingga diperoleh benda uji yang bebas dari goresan.
3. Benda Uji di *etsa* menggunakan campuran 2 % HNO₃ dan 98% alkohol (*ASM Handbook metallography and microstructures*) selama beberapa detik, lalu benda uji segera dicuci dengan menggunakan alkohol untuk diamati fasa yang terjadi.
4. Benda Uji diamati struktur mikro dan fase yang terjadi menggunakan mikroskop optis.

3.4 Perlakuan Panas

Pada perlakuan panas dilakukan perlakuan panas pengerasan dengan media pendingin variasi perbandingan campuran antara air dan garam.

3.4.1 Pengerasan

Pada perlakuan panas ini dilakukan dengan proses *austenitizing temperature*. Dengan menggunakan temperature 850°C dengan *holding time* 15 menit, serta dilakukan pendinginan menggunakan variasi perbandingan campuran antara air dan garam, dimana perbandingan yang digunakan adalah perbandingan berat. :

1. Air 100% + Garam 0% (10 Kg Air + 0 Kg Garam)
2. Air 90 % + Garam 10% (9 Kg Air + 1 Kg Garam)
3. Air 80% + Garam 20% (8 Kg Air + 2 Kg Garam)



Gambar 3.4 Pemasukkan Benda Uji ke Oven



Gambar 3.5 Media Pendingin Air dan Garam

1) Benda Uji Impak Dilaku Panas Pengerasan

Temperatur = 850° C, Holding Time = 15 menit

Tabel 3.3 Benda Uji Impak Saat Dilaku Panas

| Impak | Air 100% + Garam 0% | | | Air 90 % + Garam 10% | | | Air 80% + Garam 20% | | |
|-------|------------------------|----------------|----------------|-------------------------|----------------|----------------|------------------------|----------------|----------------|
| | A ₁ | A ₂ | A ₃ | A ₄ | A ₅ | A ₆ | A ₇ | A ₈ | A ₉ |
| A | | | | | | | | | |

2) Benda Uji Metallografi Dilaku Panas Pengerasan

Temperatur = 850 °C, Holding Time = 15 menit

Tabel 3.4 Benda Uji Metallografi Saat Dilaku Panas

| Metallografi | Air 100% + Garam 0% | Air 90 % + Garam 10% | Air 80% + Garam 20% |
|--------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| B | B ₁ | B ₂ | B ₃ |

3) Benda Uji Kekerasan Dilaku Panas Pengerasan

Temperatur = 850° C, Holding Time = 15 menit

Tabel 3.5 Benda Uji Kekerasan Saat Dilaku Panas

| Kekerasan | Air 100% + Garam 0% | Air 90 % + Garam 10% | Air 80% + Garam 20% |
|-----------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| C | C ₁ | C ₂ | C ₃ |

3.5 Peralatan Dan Pengujian

Pengujian yang dilakukan terdiri dari Uji Kekerasan, Uji Metallografi dan Uji Impak.

3.5.1 Peralatan Dan Uji Kekerasan

Hardenability Test yang digunakan adalah kekerasan *Rockwell* skala B dan C yang dinyatakan dalam HRB dan HRC, dengan acuan standart ASTM E – 18. Dilakukan identasi sebanyak 3 kali di tempat yang berbeda pada setiap benda uji guna mendapat data yang lebih akurat



Gambar 3.6 Alat Uji Kekerasan Rockwell (HRC)

3.5.2 Peralatan Dan Uji Metallografi

Pengujian Metallografi bertujuan untuk mengetahui struktur mikro dan fase yang terbentuk pada benda uji. Pengujian ini didasarkan pada ASTM E – 95. Pengamatan metallografi menggunakan Mikroskop optik.



Gambar 3.7 Mikroskop Optik

1. Menghitung Presentase Tiap Microstruktur

Dilakukan berdasarkan pada ASTM E562. ASTM E562 merupakan standar pengujian untuk menentukan fraksi volume dengan sistem perhitungan manual (point counting). Untuk Menggunakan ASTM E562 maka sebelumnya harus dilakukan foto mikro pada benda uji.

2. Menghitung Rata-rata Besar Butir

Berdasarkan pada ASTM E112, ada tiga metode untuk menghitung besar butir pada benda uji yang telah dilakukan uji metallografi yaitu: Metode Perbandingan, Metode *Intercept* (*heyne*), Metode *Planimetri* (*Jeffries*). Pada penelitian ini menggunakan metode *Intercept* (*heyne*) karena metode ini cocok untuk butir yang tidak beraturan.

3.5.3 Peralatan Dan Uji Impak

Metode yang digunakan adalah Uji Impak *Charpy* sesuai standard pada ASTM E-23. Benda uji yang digunakan di setiap pengujian berjumlah sebanyak 3 buah lalu diambil rata-ratanya.



Gambar 3.8 Mesin Uji Impak Charpy

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

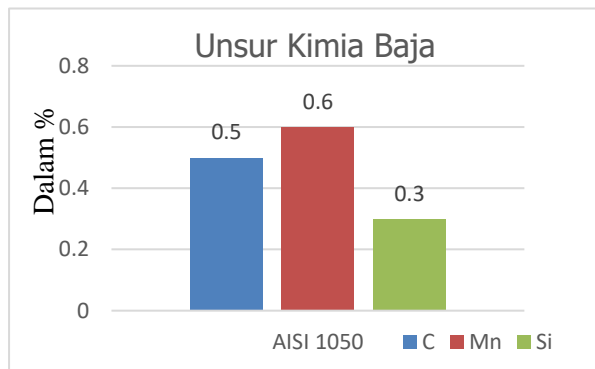
Dari penelitian yang dilakukan dengan Baja AISI 1050 maka didapatkan hasil penelitian antara lain nilai kekerasan, kekuatan impak, struktur mikro dan besar butir pada benda uji awal dan benda uji setelah mengalami perlakuan panas Pengerasan dengan temperatur 850°C, holding time 15 menit dan pendinginan cepat (*quenching*) menggunakan media pendingin variasi perbandingan campuran antara air dan garam, dimana perbandingan yang digunakan adalah perbandingan berat.

4.1 Unsur Kimia Baja

Unsur kimia pada baja berpengaruh terhadap sifat mekanik benda uji. Pada penelitian ini benda uji yaitu Baja AISI 1050, berdasarkan sertifikat (terlampir) dari PT. ASSAB memiliki komposisi kimia seperti pada Tabel 4.1

Tabel 4. 1 Unsur Kimia Baja AISI 1050

| Unsur | C | Mn | Si |
|-------|-----|-----|-----|
| % | 0.5 | 0.6 | 0.3 |



Gambar 4. 1 Diagram Batang Unsur Kimia Baja AISI 1050

Dari unsur kimia tersebut diperoleh sampel awal (*raw material*) pada baja AISI 1050 mengandung 0,5% C, sehingga baja AISI 1050 ini tergolong ke dalam baja karbon sedang. Baja karbon sedang mengandung karbon 0,3%-0,6% (ASM Handbook, 1993). Sedangkan unsur penyusun kimia lainnya adalah Mangan (Mn) = 0.6%, mangan (Mn) berguna untuk meningkatkan kekerasan, kekuatan dan ketahanan aus. Selain itu juga didapat unsur Silikon (Si) = 0.3%, silikon (Si) berpengaruh dalam meningkatkan kekuatan, kekerasan, kemampuan diperkeras secara keseluruhan, tahan aus, tahan terhadap panas dan karat, dan tahan terhadap korosi.

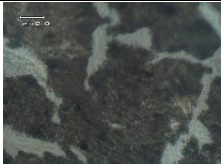
4.2 Hasil Uji Metalografi

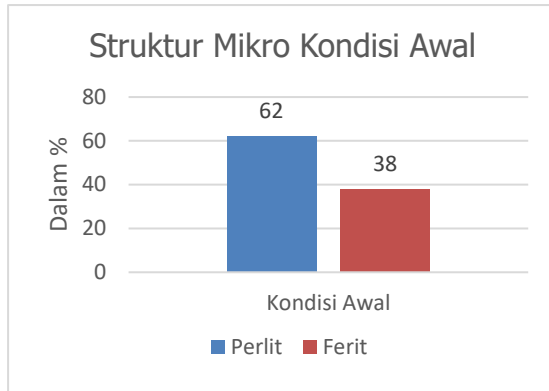
Pada pengujian metalografi ini dilakukan untuk mengetahui struktur mikro pada benda uji yang dapat digunakan untuk mengetahui sifat mekanik benda uji. Dengan pengambilan foto struktur mikro pada satu titik dengan perbesaran 100x.

4.2.1 Hasil Uji Metalografi Kondisi Awal

Pada pengujian metalografi ini dilakukan pada benda uji kondisi awal untuk mengetahui struktur mikro awal yang terbentuk pada Baja AISI 1050 sebelum dilaku panas pengerasan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan perbesaran 100x. Hasil dari uji metalografi benda uji kondisi awal seperti pada Tabel 4.2 sebagai berikut :

Tabel 4.2 Hasil Uji Metalografi Kondisi Awal

| Struktur Mikro | Jumlah Fasa (%) (ASTM E562) |
|---|--------------------------------|
|  | Pearlite 62% Ferrite 38% |



Gambar 4.2 Diagram Batang Hasil Uji Metalografi Kondisi Awal

Dari hasil pengujian metalografi benda uji kondisi awal (*raw material*) diatas, berdasarkan ASTM E562 menunjukkan fasa Ferrite dan Pearlite dengan persentase terbentuknya perlite sebesar 62% dan ferrit sebesar 38%. Fasa tersebut ditunjukkan dengan warna terang (putih) adalah Ferrite dan berwarna gelap (hitam) adalah Pearlite. Hal ini sesuai dengan struktur mikro pada material *hypoeutectoid* yang memiliki kandungan karbon dibawah 0.8%. (Aisyah, 2011)

Dari hasil pengujian metalografi diatas, berdasarkan ASTM E112 maka didapat nilai besar butir (*Grain Size*) yang terbentuk sebagai berikut :




Tabel 4.3 Nilai Besar Butir Struktur Mikro Kondisi Awal

| Benda Uji | Grain Size Number (G) (ASTM E112) | Average Diameter (mm) (ASTM E112) |
|--------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Kondisi Awal | 8 | 0.0225 |

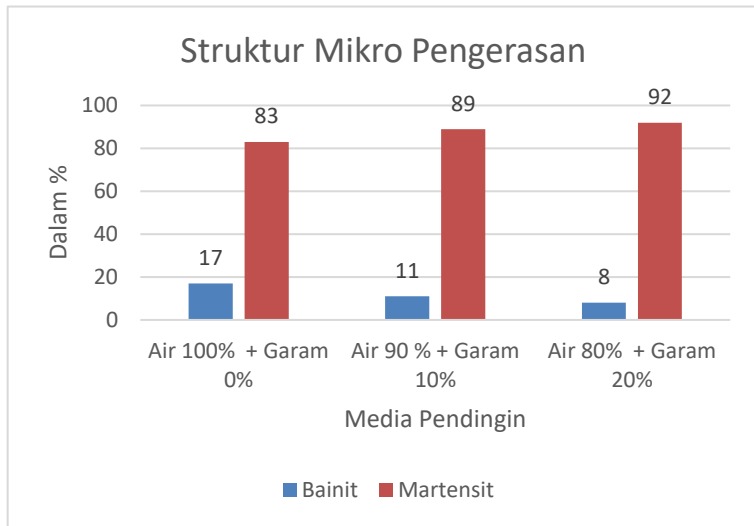
4.2.2 Hasil Uji Metalografi Pengerasan

Setelah dilakukan perlakuan panas pengerasan dengan variasi media pendingin selanjutnya dilakukan uji metalografi bertujuan untuk mengetahui fasa penyusun yang terbentuk dari setiap benda uji. Pengamatan yang dilakukan dengan pengambilan foto struktur mikro pada satu titik dengan perbesaran 100x dapat dilihat pada Tabel 4.4 sebagai berikut :

Tabel 4.4 Hasil Uji Metalografi Pengerasan

| Media Pendingin | Struktur Mikro | Jumlah Fasa (%) (ASTM E562) |
|-------------------------|--|--------------------------------|
| Air 100% + Garam 0% |  | Martensit 83% Bainit 17% |
| Air 90 % + Garam 10% |  | Martensit 89% Bainit 11% |
| Air 80% + Garam 20% |  | Martensit 92% Bainit 8% |

Dari data pengujian metalografi seperti pada Tabel 4.4 selanjutnya di tabulasikan dalam excel dan diperoleh diagram batang dibawah ini.



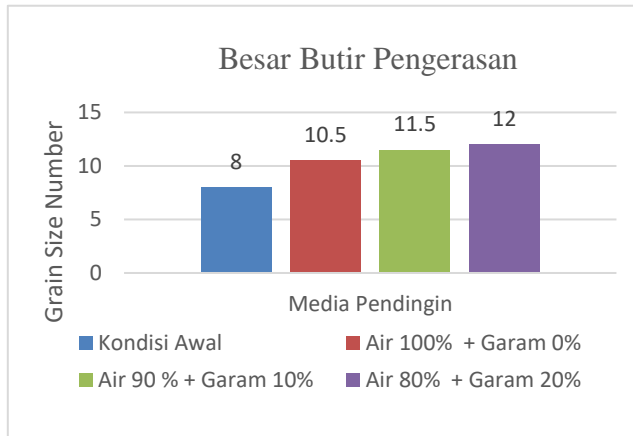
Gambar 4.3 Diagram Batang hasil Uji Metalografi Pengerasan

Dari hasil pengujian metalografi diatas, berdasarkan ASTM E112 maka didapat nilai besar butir (*Grain Size*) yang terbentuk pada Tabel 4.5 berikut :

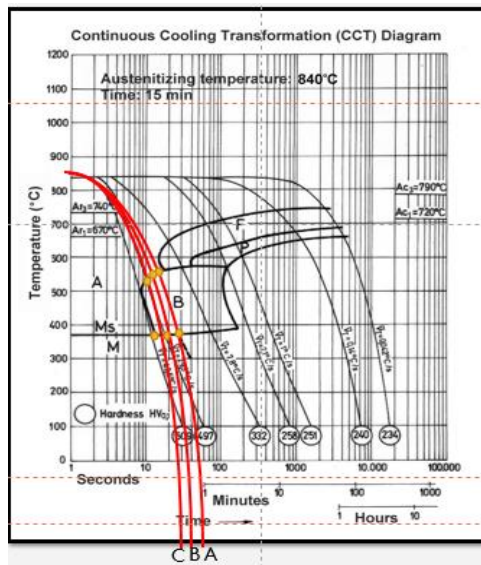
Tabel 4.5 Nilai Besar Butir Struktur Mikro Pengerasan

| Media Pendingin | Grain Size Number (G) (ASTM E112) | Average Diameter (mm) (ASTM E112) |
|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Air 100% + Garam 0% | 10.5 | 0.0094 |
| Air 90 % + Garam 10% | 11.5 | 0.0067 |
| Air 80% + Garam 20% | 12 | 0.0056 |

Dari data nilai besar butir struktur mikro pengerasan kondisi awal dan setelah pengerasan seperti pada Tabel 4.3 dan 4.5 selanjutnya di tabulasikan dan diperoleh diagram batang dibawah ini.



Gambar 4.4 Diagram Batang Nilai Besar Butir Struktur Mikro Kondisi Awal dan Pengerasan



Gambar 4.5 Kurva Pendinginan Pada Diagram CCT

4.2.3 Analisa dan Pembahasan Hasil Uji Metalografi

Dari Gambar 4.3 berdasarkan ASTM E562 maka didapat jumlah fase yang terbentuk pada benda uji yang diberi laku panas pengerasan temperatur dan holding time yang sama dan media pendingin berbeda mempunyai hasil yang berbeda. Dapat dilihat setelah laku panas pengerasan nilai prosentase terbentuknya martensit tertinggi dan bainit terdapat pada media pendingin Air 80% + Garam 20% dengan prosentase tertinggi martensit 92% dan Bainit 8%, diikuti dengan media pendingin Air 90 % + Garam 10% diperoleh martensit 89% dan bainit 11%, serta prosentase martensit terendah adalah media pendingin Air 100% + Garam 0% diperoleh Martensit 83% dan Bainit 17%. Martensite berperan penting pada kekerasan dari suatu benda uji. Bainit bersifat relatif keras dan tangguh.

Dari Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa adanya peningkatan nomor besar butir (grain size number) secara signifikan mulai dari kondisi awal menuju nomor besar butir akibat diberi laku panas pengerasan dengan variasi media pendingin. Nomor besar butir yang tertinggi berada pada benda uji dengan media pendingin air 80% + garam 20% sebesar 12. Selanjutnya diikuti pada media pendingin air 90% + garam 10% sebesar 11.5. Lalu yang ketiga pada media pendingin air 100% + garam 0% sebesar 10.5 dan yang terendah adalah kondisi normal yaitu nomor 8. Semakin tinggi nomor besar butir maka ukuran butir semakin kecil dan jumlahnya semakin banyak seperti yang tertera pada Tabel 4.3 dan 4.5 sesuai dengan standart ukuran butir ASTM E112.

Hal ini dapat dikaitkan dengan pengaruh variasi media pendingin yang digunakan. Media pendingin larutan garam memiliki koefisien pendinginan yang lebih tinggi daripada media pendingin air seperti pada Gambar 2.6, mengakibatkan laju pendinginan larutan garam lebih cepat daripada laju pendinginan air. Sehingga kurva pendinginan media larutan garam lebih curam daripada kurva pendinginan media

pendingin air seperti pada Gambar 2.7. Dari laju pendinginan tersebut didapat struktur mikro terdiri dari Bainit dan Martensit. Proses terbentuknya struktur Bainit dan Martensit dapat dilihat pada Gambar 4.5. Kurva pendinginan A merupakan media pendingin Air 100% + Garam 0%, kurva pendinginan B merupakan media pendingin Air 90% + Garam 10%, kurva pendinginan C merupakan media pendingin Air 80% + Garam 20%. Ketiga kurva ini memiliki proses transformasi pendinginan yang hampir sama yaitu mulai terjadi transformasi pendinginan pada saat kurva pendinginan memotong daerah bainit, sehingga austenite mulai bertransformasi menjadi bainit namun tidak seluruhnya karena sebagian austenite akan bertransformasi menjadi martensit saat mencapai temperature Martensit Start (M_s). Kurva pendinginan media pendingin C lebih curam daripada kurva pendingin A dan B karena kandungan garam pada media pendingin C paling banyak sehingga mengakibatkan laju pendinginannya paling cepat. Maka melalui data yang diperoleh dari Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 menunjukkan bahwa media pendingin dengan kadar garam yang semakin banyak maka menghasilkan prosentase terbentuknya martensit tertinggi dan nomor besar butir yang tertinggi

4.3 Hasil Uji Kekerasan

Pada pengujian kekerasan ini menggunakan pengujian kekerasan sistem *Rockwell*. Pengujian kekerasan menggunakan satu buah spesimen, dalam setiap kondisinya dilakukan tiga kali pengambilan data atau indentasi yang bertujuan agar mendapatkan data yang lebih akurat.

4.3.1 Hasil Uji Kekerasan Kondisi Awal

Pada pengujian kekerasan awal menggunakan metode *Rockwell* tipe HRB. Berikut Gambar 4.5 adalah gambar benda uji kondisi awal yang telah diuji kekerasan dan Tabel 4.6 menunjukan hasil uji kekerasan benda uji kondisi awal



Gambar 4.6 Benda Uji Kekerasan Kondisi Awal

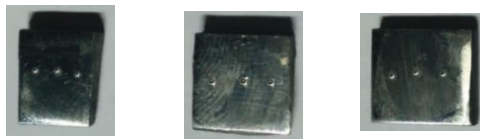
Tabel 4.6 Hasil Uji Kekerasan Kondisi Awal

| Nilai Kekerasan (HRB) | Rata-Rata (HRB) | Rata-Rata (HRC) |
|-----------------------|-----------------|-----------------|
| 93 | 92.8 | 13 |
| 92.5 | | |
| 93 | | |

Dari data diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa kekerasan pada benda uji kondisi awal mempunyai rata-rata nilai kekerasan yang kecil. Hal ini disebabkan karena benda uji kondisi awal terdiri atas struktur mikro pearlite dan ferrit yang menandakan baja bersifat ulet. Nilai diatas dapat digunakan sebagai pembanding pada hasil nilai uji kekerasan setelah dilakukan laku panas pengerasan.

4.3.2 Hasil Uji Kekerasan Pengerasan

Proses laku panas ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari variasi temperatur terhadap nilai Kekerasan pada baja karbon AISI 1050. Pada pengujian kekerasan pengerasan menggunakan metode *Rockwell* tipe HRC. Berikut Gambar 4.6 adalah gambar benda uji pengerasan yang telah diuji kekerasan



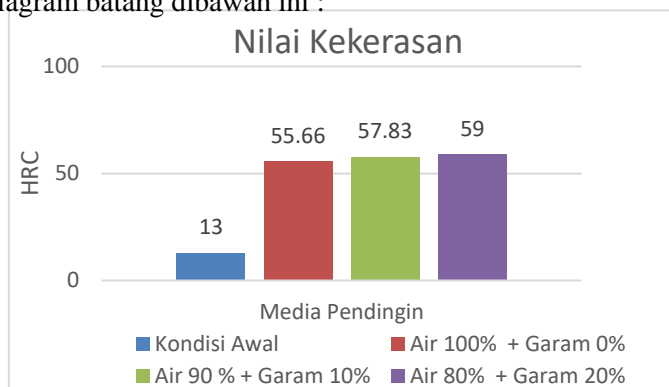
Gambar 4.7 Benda Uji Kekerasan Setelah Pengerasan

Setelah dilakukan proses perlakuan panas pengerasan dengan variasi media pendingin yang berbeda didapat tabel data nilai uji kekerasan seperti berikut :

Tabel 4.7 Hasil Uji Kekerasan Pengerasan (HRC)

| Media Pendingin | Nilai Kekerasan (HRC) | Rata-Rata (HRC) |
|-------------------------|-----------------------|-----------------|
| Air 100% + Garam 0% | 56.5 | 55,66 |
| | 54.5 | |
| | 56 | |
| Air 90 % + Garam 10% | 58 | 57.83 |
| | 57 | |
| | 58.5 | |
| Air 80% + Garam 20% | 59.5 | 59 |
| | 58 | |
| | 59.5 | |

Dari data pengujian kekerasan pada kondisi awal dan setelah perlakuan panas pengerasan seperti pada Tabel 4.6 dan 4.7. Selanjutnya di tabulasikan dalam excel dan diperoleh diagram batang dibawah ini :



Gambar 4.8 Diagram Batang Nilai Kekerasan Pada Benda Uji Kondisi Awal dan Pengerasan

4.3.3 Analisa dan Pembahasan Hasil Uji Kekerasan

Dari Gambar 4.7 dapat dilihat bahwa adanya peningkatan nilai kekerasan secara signifikan mulai dari kondisi awal menuju nilai kekerasan akibat diberi laku panas pengerasan dengan variasi media pendingin. Hal ini terjadi karena pendinginan non-ekuilibrium atau pendinginan sangat cepat dapat meningkatkan nilai kekerasan suatu material (Bayu Adie Septianto, 2013). Nilai kekerasan yang paling tinggi berada pada benda uji dengan media pendingin air 80% + garam 20% sebesar 59 HRC. Selanjutnya diikuti pada media pendingin air 90% + garam 10% sebesar 57.83 HRC. Lalu yang ketiga pada media pendingin air 100% + garam 0% sebesar 55.66 HRC dan yang terendah adalah kondisi normal sebesar 13 HRC.

Hal ini dapat dikaitkan dengan pengaruh variasi media pendingin yang digunakan. Dengan meningkatkan kadar garam pada media pendingin maka proses pendinginan dapat berlangsung lebih cepat karena menghasilkan prosentase terbentuknya martensit tertinggi seperti yang tertera pada Gambar 4.3. Martensit memberikan sifat yang keras dan getas pada benda uji.

4.4 Hasil Uji Impak

Pada pengujian uji impak dilakukan untuk mendapatkan nilai *impact strength* dengan pengaruh variasi media pendingin untuk mengetahui sifat mekanik pada baja karbon AISI 1050. Pengujian ini menggunakan metode *Charpy V-notch* (CVN). Pengujian dilakukan pada tiga buah benda uji pada tiap variasi media pendingin bertujuan untuk mendapatkan data yang lebih akurat.

4.4.1 Hasil Uji Impak Kondisi Awal

Hasil dari uji impak benda uji kondisi awal seperti pada Tabel 4.9 dengan menggunakan data sebagai berikut :

Tabel 4. 8 Data pengujian impact

| Mesin Uji | Mesin Uji Impact Charpy |
|--------------------|-------------------------|
| Sudut α (°) | 140 |
| W (Kg) | 13.17 |
| L (m) | 0.45 |

Tabel 4.9 Hasil Uji Impact Kondisi Awal

| Sudut β (°) | Energi Impact (J) | Impact Strength (J/mm ²) | Rata-Rata IS (J/mm ²) |
|-------------------|-------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| 107 | 27.52 | 0.344 | 0.342 |
| 108 | 27.06 | 0.338 | |
| 107 | 27.52 | 0.344 | |

Hasil dari pengujian tersebut dapat digunakan sebagai pembanding untuk uji kekerasan setelah dilakukan laku panas pengerasan pada benda uji yang sama.

4.4.2 Hasil Uji Impact Pengerasan

Proses laku panas ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari variasi media pendingin terhadap nilai *Impact Strength* pada baja karbon AISI 1050. Adapun data yang digunakan adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 10 Data pengujian impact

| Mesin Uji | Mesin Uji Impact Charpy |
|--------------------|-------------------------|
| Sudut α (°) | 140 |
| W (Kg) | 13.17 |
| L (m) | 0.45 |

Berikut Gambar 4.8 adalah gambar benda uji impact setelah perlakuan panas pengerasan.



Gambar 4.9. Benda Uji Impak Setelah Perlakuan Panas Pengerasan

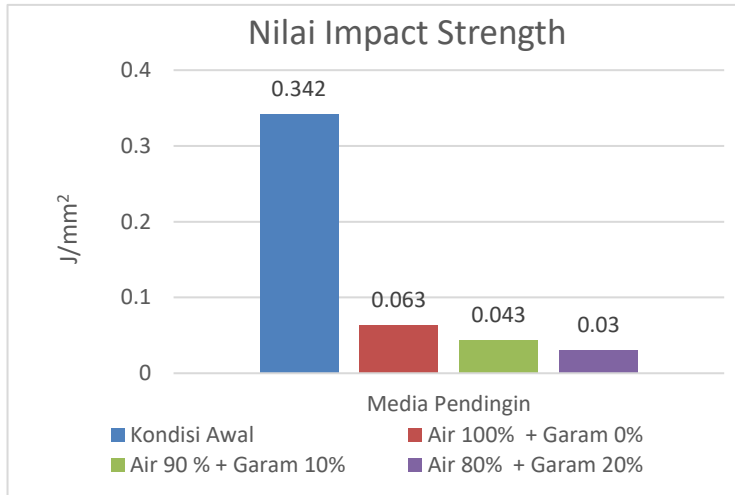
Setelah dilakukan proses perlakuan panas pengerasan dengan variasi media pendingin yang berbeda-beda didapat tabel data nilai uji Impak seperti berikut :

Tabel 4.11 Hasil Uji Impak Pengerasan

| Media Pendingin | Sudut β (°) | Energi Impact (J) | Impact Strength (J/mm ²) | Rata-Rata Impact Strength (J/mm ²) |
|----------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------------|--|
| Air 100% + Garam 0% | 133 | 4.93 | 0.06 | 0.063 |
| | 132 | 5.63 | 0.07 | |
| | 133 | 4.93 | 0.06 | |
| Air 90 % + Garam 10% | 135 | 3.83 | 0.04 | 0.043 |
| | 134 | 4.18 | 0.05 | |
| | 135 | 3.83 | 0.04 | |
| Air 80% + Garam 20% | 134 | 4.18 | 0.05 | 0.03 |
| | 137 | 2.03 | 0.02 | |
| | 137 | 2.03 | 0.02 | |

Dari data pengujian Impak pada kondisi awal dan setelah perlakuan panas pengerasan seperti pada Tabel 4.9 dan 4.11

Selanjutnya di tabulasikan dalam excel dan diperoleh diagram batang dibawah ini.:



Gambar 4.10 Diagram Batang Hasil Uji Impak Kondisi Awal dan Pengerasan

4.4.3 Analisa dan Pembahasan Hasil Uji Impak

Dari Gambar 4.9 dapat dilihat bahwa adanya penurunan nilai Impact Strength secara signifikan mulai dari kondisi awal menuju nilai Impact Strength akibat diberi laku panas pengerasan dengan variasi media pendingin. Nilai Impact Strength yang paling tinggi berada pada kondisi awal sebesar 0.342 J/mm^2 . Selanjutnya diikuti pada benda uji dengan media air 100% + garam 0% sebesar 0.063 J/mm^2 . Lalu pada media pendingin air 90% + garam 10% sebesar 0.043 J/mm^2 . Dan yang terendah pada media pendingin air 80% + garam 20% sebesar 0.03 J/mm^2 .

Hal ini dapat dikaitkan dengan pengaruh variasi media pendingin yang digunakan. Dengan meningkatkan kadar garam pada media pendingin maka proses pendinginan dapat berlangsung lebih cepat karena menghasilkan prosentase

terbentuknya martensit tertinggi seperti yang tertera pada Gambar 4.3. Martensit memberikan sifat yang keras dan getas pada benda uji. Sehingga melalui data yang diperoleh dari Gambar 4.7 menunjukkan nilai kekerasannya meningkat, hal ini juga dapat didukung oleh nilai besar butir pada Gambar 4.4 menunjukkan nomor besar butir yang semakin besar maka ukuran butirnya semakin kecil yang mengakibatkan kekerasannya meningkat. Kekerasan pada suatu material dapat mempengaruhi ketangguhan material tersebut, semakin keras material tersebut maka ketangguhannya akan semakin menurun (Bayu Adie Septianto, 2013). Sehingga melalui data yang diperoleh dari Gambar 4.9 menunjukkan semakin tinggi kadar garam pada media pendingin akan menurunkan nilai kekuatan impak. Semakin tinggi kadar garam dalam media pendingin akan menurunkan keuletannya (Yunaidi, 2016). Kadar garam terbanyak terbanyak pada media pendingin Air 80% + Garam 20%.

4.5 Pembahasan

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) syarat mutu pisau Igrek sebagai alat pemotong kelapa sawit memiliki kekerasan sisi potong minimal 45.3 HRC. Berdasarkan penelitian sebelumnya (Suherman, 2012) tentang “*Perbaikan Sifat Fisis Dan Mekanis Alat Panen Buah Kelapa Sawit (Egrek dan dodos) Produk Lokal*” didapatkan nilai kekerasan pada pisau Igrek produk lokal yang telah ada didapatkan nilai kekerasan sebesar 22 HRC. Sehingga kualitas produk pisau Igrek lokal masih dibawah standar SNI.

Pada penelitian perlakuan panas kali ini dapat dilihat terbentuknya martensite akibat perlakuan panas pengerasan dan pendinginan cepat. Semakin cepat laju pendinginan maka martensit yang terbentuk semakin banyak dan nomor besar butir semakin tinggi, hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan 4.4. Martensite dan nomor besar butir berperan penting pada kekerasan dari suatu material. Apabila martensite yang

terbentuk semakin banyak dan nomor besar butir semakin tinggi maka material awal akan semakin keras hal itu dapat dilihat pada gambar grafik uji kekerasan pada Gambar 4.7. Kekerasan yang tinggi akan membuat pisau menjadi tahan aus dan semakin tajam. Sedangkan pada kekuatan impak terlihat bahwa semakin cepat laju pendinginan maka kekuatan impak semakin rendah. Apabila kekerasan pada suatu material naik maka pada keuletan suatu material akan semakin turun sehingga berbanding terbalik dengan nilai kekerasan pada suatu material tersebut, hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.11

Sehingga untuk membuat produk pisau Irek yang mempunyai minimal kekerasan sesuai standar SNI dengan bahan baja AISI 1050 perlu dilakukan perlakuan panas pengerasan pada pada Temperatur 850°C , *holding time* 15 menit dan variasi media pendingin Air 100% + Garam 0%, Air 90% + Garam 10%, Air 80% + Garam 20% didapat nilai kekerasan sebesar 55.66 HRC , 57.83 HRC, dan 59 HRC. Jadi dapat dikatakan bahwa peningkatan kualitas pisau Irek dengan menggunakan metode laku panas pengerasan pada material awal baja karbon sedang AISI 1050 dengan Temperatur 850°C , *Holding Time* 15 menit dan variasi media pendingnin perbandingan campuran antara air dan garam mampu meningkatkan kualitas pisau Irek yakni dari segi kekerasannya sesuai standar SNI.

Dari data hasil pengerasan yang didapat pada penelitian ini ketiga variasi media pendingin dapat menghasilkan nilai kekerasan sesuai minimal standar SNI namun yang lebih disarankan untuk operasional pisau Irek adalah pada media pendingin Air 100% + Garam 0% dengan hasil nilai kekerasan sebesar 55.66 HRC dan nilai kekuatan Impak sebesar 0.063 J/mm^2 . Hal ini disebabkan nilai kekerasan sudah mencapai batas standar SNI dan memiliki kekuatan impak terendah sehingga tidak mudah patah namun teteap keras.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa data mengenai pengaruh variasi perbandingan campuran antara air dan garam sebagai media pendingin terhadap kekerasan, kekuatan impact dan struktur mikro pada baja karbon AISI 1050, dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai kekerasan tertinggi berada pada benda uji dengan media pendingin air 80% + garam 20% sebesar 59 HRC. Nilai Impact tertinggi berada pada benda uji kondisi awal sebesar 0.342 J/mm^2 .
2. Nilai prosentase terbentuknya martensit tertinggi dan bainit terdapat pada media pendingin Air 80% + Garam 20% dengan prosentase tertinggi martensit 92% dan Bainit 8%, Nomor besar butir tertinggi berada pada benda uji dengan media pendingin air 80% + garam 20% sebesar 12.

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat dilakukan untuk penelitian lebih lanjut:

1. Pada penelitian ini menggunakan metode impact Charpy. Sehingga pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan uji impact dengan metode berbeda agar dapat dilihat perbedaannya.
2. Pembuatan pisau Igrek dari material awal baja karbon sedang AISI 1050 dapat memiliki nilai kekerasan mencapai batas standar SNI dengan menggunakan metode pemanasan dengan menggunakan metode pemanasan dengan menggunakan metode pemanasan pada Temperatur 850°C , *Holding Time* 15 menit dan media pendingin Air 100% + Garam 0%.

DAFTAR PUSTAKA

- Aref Wibowo Agustianto. 2012. *Analisis Kegagalan Dan Pengaruh Proses Hardening- Tempering AISI 1050 Terhadap Strukturmikro Dan Kekuatan Sebagai Langkah Peningkatan Kualitas Marine Chains Bucket Elevator 02-M-308 PT.PETROKIMIA*. Surabaya: Jurusan Teknik Material Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- ASTM E18. 2004. *Test Methods for Rockwell Hardness and Rockwell Superficial Hardness of Metallic Materials*. USA: ASTM International.
- ASTM E23. 2007. *Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials*. USA: ASTM International.
- ASTM E562. 2000. *Standard Test Method for Determining Volume Fraction by Systematic Manual Point Count*. USA: ASTM International.
- ASTM A681. 2008. *Standard Specification for Tool Steels Alloy*. USA: ASTM International.
- ASTM E3-95. 2008. *Standard Practice for Preparation of Metallographic Spcimens*. USA: ASTM International.
- ASTM E112. 2000. *Standard Test Methods for Determining Average Grain Size*. USA: ASTM International.
- ASM Handbook Vol 9. 2004. *Metallography and Microstructures*. USA: ASM International.
- Fajar Kurniawan. 2012. *Analisa Pengaruh Variasi Temperatur dan Jenis Media Pendingin Terhadap Kekerasan, Struktur Mikro, dan Impact Strength Dengan Proses Heat Treatment Pada Baja Karbon AISI 4140H*. Surabaya: Jurusan D3 Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Handoyo, Yopi. 2013. *Perancangan Alat Uji Impak Metode Charpy Kapasitas 100 Joule*. Bekasi: Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam 45 Bekasi.
- Hoganas Handbook. 2015. *Metallography*. Sweden.

- Murtiono, Arief. 2012. *Pengaruh Quenching dan Tempering Terhadap Kekerasan dan Kekuatan Tarik Serta Struktur Mikro Baja Karbon Sedang Untuk Mata Pisau Pemanen Sawit*. Sumatera: Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.
- Prihanto. 2015. *Analisa Kekerasan Pada Pisau Berbahan Baja sKarbon Menengah Hasil Proses Hardening Dengan Media Pendingin Yang Berbeda*. Malang: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang.
- Rina Dwi Yani, Tri Pratomo, Hendro Cahyono. 2008. *Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Struktur Mikro Logam ST 60*. Pontianak: Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Pontianak.
- Suherman. 2012. *Perbaikan Sifat Fisis Dan Mekanis Alat Panen Buah Kelapa Sawit (Egrek dan Dodos) Produk Lokal*. Medan: Program Studi Teknik Mesin Politeknik Tanjungbalai.
- Sundari Hariyati Harahap. 2008. *Persentase Pembentukan Fase Austenit Pada Transformasi Bainit Baja Mangan Dengan Validasi Microhardness dan Macrohardness Pada Temperatur 500°C*. Medan: Sekolah Pasca Sarjana Universitas Sumatra Utara.
- Thelning, Karl-Erik. 2002. *Steel and Its Heat Treatment*. London: Butterworths.
- Totten, George E , *Steel Heat Treatment Handbook Second Edition*, New York, 2004.
- Yunaidi. 2016. *Pengaruh Jumlah Konsentrasi Larutan Garam Pada Proses Quenching Baja Karbon Sedang S45C*. Program Studi Teknik Mesin Politeknik LPP, Yogyakarta.
- www.sefnath.blogspot.co.id/2013/09/perlakuan-panas-heat-treatment.html. Diakses tanggal 3 April 2017
- www.sujawanlongerindi.blogspot.co.id/2011/12/heat-treatment.html. Diakses tanggal 20 April 2017

Lampiran 1
Sertifikat Baja AISI 1050



PT. ASSAB STEELS INDONESIA

CERTIFICATE

No: 585 / 760 / 17

Issuing date : 25 - 04 - 2017

Validity : One year upon date of issue

If attached with " Surat Keterangan Material "

This is to certify that **ASSAB 760** we supply to **Ismah Fawaiz, Septa Ria Nurmalisari, & Adelina Irawati** is guaranteed to meet the specifications as mentioned below :

Typical Chemical Analysis :

C 0.50 - Si 0.30 - Mn 0.60

Delivery condition :

Unannealed to approx. 200 HB

Typical Microstructure :



Issued by



Susanti Dian Pertiwi
Technical Manager

Lampiran 2

Tanda Bukti Pembelian Material Baja AISI 1050



PT. ASSAB STEELS INDONESIA

SURAT KETERANGAN MATERIAL

No DO : S 004623

Tanggal kirim : 25 - 04 - 2017

Dengan ini menerangkan bahwa material yang dikirim ke **Ismah Fawaiz, Septa Ria Nurmalisari, & Adelina Irawati** telah **memenuhi spesifikasi** sesuai dengan sertifikat material masing-masing yang berlaku yaitu :

| MATERIAL | NOMOR SERTIFIKAT | TANGGAL SERTIFIKAT | NOMOR PO |
|-----------|---------------------|-----------------------|-------------|
| ASSAB 760 | 760 / 618 T / 17 | 25 APRIL 2017 | P-01 |

Issued by,



Susanti Dian Pertiwi
Technical Manager

Lampiran 3

Chemical Requirements



A 681 – 08

TABLE 1 Chemical Requirements, %^A

| UNS Designation ^B | Type | Carbon | | Manganese ^C | | Phosphorus, max | Sulfur ^D , max | Silicon | | Chromium | | Vanadium | | Tungsten | | Molybdenum | | |
|------------------------------|------------------|--------|-------------------|------------------------|------|-----------------|---------------------------|---------|------|----------|-------|----------|------|----------|-------|------------|------|------------------------------|
| | | min | max | min | max | | | min | max | min | max | min | max | min | max | min | max | |
| T20810 | H10 | 0.35 | 0.45 | 0.20 | 0.70 | 0.030 | 0.030 | 0.80 | 1.25 | 3.00 | 3.75 | 0.25 | 0.75 | ... | ... | 2.00 | 3.00 | Co 4.00–4.50 |
| T20811 | H11 | 0.33 | 0.43 | 0.20 | 0.60 | 0.030 | 0.030 | 0.80 | 1.25 | 4.75 | 5.50 | 0.30 | 0.60 | ... | ... | 1.10 | 1.60 | |
| T20812 | H12 | 0.30 | 0.40 | 0.20 | 0.60 | 0.030 | 0.030 | 0.80 | 1.25 | 4.75 | 5.50 | 0.20 | 0.50 | 1.00 | 1.70 | 1.25 | 1.75 | |
| T20813 | H13 | 0.32 | 0.45 | 0.20 | 0.60 | 0.030 | 0.030 | 0.80 | 1.25 | 4.75 | 5.50 | 0.80 | 1.20 | ... | ... | 1.10 | 1.75 | |
| T20814 | H14 | 0.35 | 0.45 | 0.20 | 0.60 | 0.030 | 0.030 | 0.80 | 1.25 | 4.75 | 5.50 | ... | ... | 4.00 | 5.25 | ... | ... | |
| T20819 | H19 | 0.32 | 0.45 | 0.20 | 0.50 | 0.030 | 0.030 | 0.15 | 0.50 | 4.00 | 4.75 | 1.75 | 2.20 | 3.75 | 4.50 | 0.30 | 0.55 | |
| T20821 | H21 | 0.26 | 0.36 | 0.15 | 0.40 | 0.030 | 0.030 | 0.15 | 0.50 | 3.00 | 3.75 | 0.30 | 0.60 | 8.50 | 10.00 | ... | ... | |
| T20822 | H22 | 0.30 | 0.40 | 0.15 | 0.40 | 0.030 | 0.030 | 0.15 | 0.40 | 1.75 | 3.75 | 0.25 | 0.50 | 10.00 | 11.75 | ... | ... | |
| T20823 | H23 | 0.25 | 0.35 | 0.15 | 0.40 | 0.030 | 0.030 | 0.15 | 0.60 | 11.00 | 12.75 | 0.75 | 1.25 | 11.00 | 12.75 | ... | ... | |
| T20824 | H24 | 0.42 | 0.53 | 0.15 | 0.40 | 0.030 | 0.030 | 0.15 | 0.40 | 2.50 | 3.50 | 0.40 | 0.60 | 14.00 | 16.00 | ... | ... | |
| T20825 | H25 | 0.22 | 0.32 | 0.15 | 0.40 | 0.030 | 0.030 | 0.15 | 0.40 | 3.75 | 4.50 | 0.40 | 0.60 | 14.00 | 16.00 | ... | ... | |
| T20826 | H26 | 0.45 | 0.55 ^E | 0.15 | 0.40 | 0.030 | 0.030 | 0.15 | 0.40 | 3.75 | 4.50 | 0.75 | 1.25 | 17.25 | 19.00 | ... | ... | Ni 1.25–1.75 Ni 1.55–2.05 |
| T20841 | H41 | 0.60 | 0.75 ^F | 0.15 | 0.40 | 0.030 | 0.030 | 0.20 | 0.45 | 3.50 | 4.00 | 1.00 | 1.30 | 1.40 | 2.10 | 8.20 | 9.20 | |
| T20842 | H42 | 0.55 | 0.70 ^F | 0.15 | 0.40 | 0.030 | 0.030 | 0.20 | 0.45 | 3.75 | 4.50 | 1.75 | 2.20 | 5.50 | 6.75 | 4.50 | 5.50 | |
| T20843 | H43 | 0.50 | 0.65 ^F | 0.15 | 0.40 | 0.030 | 0.030 | 0.20 | 0.45 | 3.75 | 4.50 | 1.80 | 2.20 | ... | ... | 7.75 | 8.50 | |
| T30102 | A2 | 0.95 | 1.05 | 0.40 | 1.00 | 0.030 | 0.030 | 0.10 | 0.50 | 4.75 | 5.50 | 0.15 | 0.50 | ... | ... | 0.90 | 1.40 | |
| T30103 | A3 | 1.20 | 1.30 | 0.40 | 0.60 | 0.030 | 0.030 | 0.10 | 0.70 | 4.75 | 5.50 | 0.80 | 1.40 | ... | ... | 0.90 | 1.40 | |
| T30104 | A4 | 0.95 | 1.05 | 1.80 | 2.20 | 0.030 | 0.030 | 0.10 | 0.70 | 0.90 | 2.20 | ... | ... | ... | ... | 0.90 | 1.40 | |
| T30105 | A5 | 0.95 | 1.05 | 2.80 | 3.20 | 0.030 | 0.030 | 0.10 | 0.70 | 0.90 | 1.40 | ... | ... | ... | ... | 0.90 | 1.40 | |
| T30106 | A6 | 0.65 | 0.75 | 1.80 | 2.50 | 0.030 | 0.030 | 0.10 | 0.70 | 0.90 | 1.40 | ... | ... | ... | ... | 0.90 | 1.40 | |
| T30107 | A7 | 2.00 | 2.85 | 0.20 | 0.80 | 0.030 | 0.030 | 0.10 | 0.70 | 5.00 | 5.75 | 3.90 | 5.15 | 0.50 | 1.50 | 0.90 | 1.40 | |
| T30108 | A8 | 0.50 | 0.60 | 0.20 | 0.50 | 0.030 | 0.030 | 0.75 | 1.10 | 4.75 | 5.50 | ... | ... | 1.00 | 1.50 | 1.15 | 1.65 | |
| T30109 | A9 | 0.45 | 0.55 | 0.20 | 0.50 | 0.030 | 0.030 | 0.95 | 1.15 | 4.75 | 5.50 | 0.80 | 1.40 | ... | ... | 1.30 | 1.80 | |
| T30110 | A10 | 1.25 | 1.50 | 1.60 | 2.10 | 0.030 | 0.030 | 1.00 | 1.50 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | 1.25 | 1.75 | |
| T30402 | D2 | 1.40 | 1.60 | 0.10 | 0.60 | 0.030 | 0.030 | 0.10 | 0.60 | 11.00 | 13.00 | 0.50 | 1.10 | ... | ... | 0.70 | 1.20 | Co 2.50–3.50 |
| T30403 | D3 | 2.00 | 2.35 | 0.10 | 0.60 | 0.030 | 0.030 | 0.10 | 0.60 | 11.00 | 13.50 | ... | 1.00 | ... | ... | ... | ... | |
| T30404 | D4 | 2.05 | 2.40 | 0.10 | 0.60 | 0.030 | 0.030 | 0.10 | 0.60 | 11.00 | 13.00 | 0.15 | 1.00 | ... | ... | 0.70 | 1.20 | |
| T30405 | D5 | 1.40 | 1.60 | 0.10 | 0.60 | 0.030 | 0.030 | 0.10 | 0.60 | 11.00 | 13.00 | ... | 1.00 | ... | ... | 0.70 | 1.20 | |
| T30407 | D7 | 2.15 | 2.50 | 0.10 | 0.60 | 0.030 | 0.030 | 0.10 | 0.60 | 11.50 | 13.50 | 3.80 | 4.40 | ... | ... | 0.70 | 1.20 | |
| T31501 | O1 | 0.85 | 1.00 | 1.00 | 1.40 | 0.030 | 0.030 | 0.10 | 0.50 | 0.40 | 0.70 | ... | 0.30 | 0.40 | 0.60 | ... | ... | |
| T31502 | O2 | 0.85 | 0.95 | 1.40 | 1.80 | 0.030 | 0.030 | ... | 0.50 | ... | 0.50 | ... | 0.30 | ... | ... | ... | 0.30 | |
| T31506 | O6 | 1.25 | 1.55 | 0.30 | 1.10 | 0.030 | 0.030 | 0.55 | 1.50 | ... | 0.30 | ... | ... | ... | ... | 0.20 | 0.30 | |
| T31507 | O7 | 1.10 | 1.30 | 0.20 | 1.00 | 0.030 | 0.030 | 0.10 | 0.60 | 0.35 | 0.85 | 0.15 | 0.40 | 1.00 | 2.00 | ... | 0.30 | |
| T41901 | S1 | 0.40 | 0.55 | 0.10 | 0.40 | 0.030 | 0.030 | 0.15 | 1.20 | 1.00 | 1.80 | 0.15 | 0.30 | 1.50 | 3.00 | ... | 0.50 | |
| T41902 | S2 | 0.40 | 0.55 | 0.30 | 0.50 | 0.030 | 0.030 | 0.90 | 1.20 | ... | ... | ... | 0.50 | ... | ... | 0.30 | 0.60 | |
| T41904 | S4 | 0.50 | 0.65 | 0.60 | 0.95 | 0.030 | 0.030 | 1.75 | 2.25 | 0.10 | 0.50 | 0.15 | 0.35 | ... | ... | ... | ... | Nickel |
| T41905 | S5 | 0.50 | 0.65 | 0.60 | 1.00 | 0.030 | 0.030 | 1.75 | 2.25 | 0.10 | 0.50 | 0.15 | 0.35 | ... | ... | 0.20 | 1.35 | |
| T41906 | S6 | 0.40 | 0.50 | 1.20 | 1.50 | 0.030 | 0.030 | 2.00 | 2.50 | 1.20 | 1.50 | 0.20 | 0.40 | ... | ... | 0.30 | 0.50 | |
| T41907 | S7 | 0.45 | 0.55 | 0.20 | 0.90 | 0.030 | 0.030 | 0.20 | 1.00 | 3.00 | 3.50 | ... | 0.35 | ... | ... | 1.30 | 1.80 | |
| T61202 | L2 | 0.45 | 1.00 | 0.10 | 0.90 | 0.030 | 0.030 | 0.10 | 0.50 | 0.70 | 1.20 | 0.10 | 0.30 | ... | ... | ... | 0.25 | |
| T61203 | L3 | 0.95 | 1.10 | 0.25 | 0.80 | 0.030 | 0.030 | 0.10 | 0.50 | 1.30 | 1.70 | 0.10 | 0.30 | ... | ... | ... | ... | |
| T61206 | L6 | 0.65 | 0.75 | 0.25 | 0.80 | 0.030 | 0.030 | 0.10 | 0.50 | 0.60 | 1.20 | ... | ... | ... | ... | 0.50 | 1.25 | |
| T60601 | F1 | 0.95 | 1.25 | ... | 0.50 | 0.030 | 0.030 | 0.10 | 0.50 | ... | ... | ... | ... | 1.00 | 1.75 | ... | ... | |
| T60602 | F2 | 1.20 | 1.40 | 0.10 | 0.50 | 0.030 | 0.030 | 0.10 | 0.50 | 0.20 | 0.40 | ... | ... | 3.00 | 4.50 | ... | ... | |
| T51602 | P2 | ... | 0.10 | 0.10 | 0.40 | 0.030 | 0.030 | 0.10 | 0.40 | 0.75 | 1.25 | ... | ... | ... | ... | 0.15 | 0.40 | |
| T51603 | P3 | ... | 0.10 | 0.20 | 0.60 | 0.030 | 0.030 | ... | 0.40 | 0.40 | 0.75 | ... | ... | ... | ... | ... | 1.00 | |
| T51604 | P4 | ... | 0.12 | 0.20 | 0.60 | 0.030 | 0.030 | 0.10 | 0.40 | 4.00 | 5.25 | ... | ... | ... | ... | 0.40 | 1.00 | |
| T51605 | P5 | 0.06 | 0.10 | 0.20 | 0.60 | 0.030 | 0.030 | 0.10 | 0.40 | 2.00 | 2.50 | ... | ... | ... | ... | ... | 0.35 | |
| T51606 | P6 | 0.05 | 0.15 | 0.35 | 0.70 | 0.030 | 0.030 | 0.10 | 0.40 | 1.25 | 1.75 | ... | ... | ... | ... | ... | 3.25 | |
| T51620 | P20 | 0.28 | 0.40 | 0.60 | 1.00 | 0.030 | 0.030 | 0.20 | 0.80 | 1.40 | 2.00 | ... | ... | ... | ... | 0.30 | 0.55 | |
| T51621 | P21 ^F | 0.19 | 0.22 | 0.20 | 0.40 | 0.030 | 0.030 | 0.20 | 0.40 | 0.20 | 0.30 | 0.15 | 0.25 | ... | ... | ... | 3.90 | 4.25 |

^A Chemistry limits include product analysis tolerances. Unless otherwise specified, nickel plus copper equal 0.75 % max for all types.

^B New designation established in accordance with Practice E 527 and SAEJ1086.

^C Manganese limit is 1.0 % max for H13 resulfurized.

^D Where specified, sulfur may be 0.06 to 0.15 % to improve machinability.

^E Available in several carbon ranges.

^F Also contains 1.05–1.25 % aluminum.

Lampiran 4

Austenitizing Temperature

| Type | Preheat Temperature, °F (°C) | Austenitizing Temperature, °F (°C) | | | Quench Medium | Tempering Temperature, °F (°C) | Minimum Hardness, RC |
|------|---------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------|--------------------------------------|----------------------------|
| | | Salt Bath | Controlled Atmosphere Furnaces | Austenitiz- ing Time (minutes) | | | |
| H10 | 1450 (788) | 1850 (1010) | 1875 (1024) | 5-15 | Air | 1025 (552) | 55 |
| H11 | 1450 (788) | 1825 (996) | 1850 (1010) | 5-15 | Air | 1025 (552) | 53 |
| H12 | 1450 (788) | 1825 (996) | 1850 (1010) | 5-15 | Air | 1025 (552) | 53 |
| H13 | 1450 (788) | 1825 (996) | 1850 (1010) | 5-15 | Air | 1025 (552) | 52 |
| H14 | 1450 (788) | 1900 (1038) | 1925 (1052) | 5-15 | Air | 1025 (552) | 55 |
| H19 | 1450 (788) | 2150 (1177) | 2175 (1191) | 5-15 | Air | 1025 (552) | 55 |
| H21 | 1450 (788) | 2150 (1177) | 2175 (1191) | 5-15 | Air | 1025 (552) | 52 |
| H22 | 1450 (788) | 2150 (1177) | 2175 (1191) | 5-15 | Air | 1025 (552) | 53 |
| H23 | 1500 (816) | 2275 (1246) | 2300 (1260) | 5-15 | Oil | 1200 (649) | 42 |
| H24 | 1450 (788) | 2200 (1204) | 2225 (1218) | 5-15 | Air | 1025 (552) | 55 |
| H25 | 1450 (788) | 2250 (1232) | 2275 (1246) | 5-15 | Air | 1025 (552) | 44 |
| H26 | 1550 (843) | 2275 (1246) | 2300 (1260) | 5-15 | Air | 1025 (552) | 58 |
| H41 | 1450 (788) | 2125 (1163) | 2150 (1177) | 5-15 | Air | 1025 (552) | 60 |
| H42 | 1450 (788) | 2175 (1191) | 2200 (1204) | 5-15 | Air | 1025 (552) | 60 |
| H43 | 1450 (788) | 2150 (1177) | 2175 (1191) | 5-15 | Air | 1025 (552) | 58 |
| A2 | 1450 (788) | 1725 (941) | 1750 (954) | 5-15 | Air | 400 (204) | 60 |
| A3 | 1450 (788) | 1775 (968) | 1800 (982) | 5-15 | Air | 400 (204) | 63 |
| A4 | 1250 (677) | 1550 (843) | 1575 (857) | 5-15 | Air | 400 (204) | 61 |
| A6 | 1200 (649) | 1525 (829) | 1550 (843) | 5-15 | Air | 400 (204) | 58 |
| A7 | 1500 (816) | 1750 (954) | 1775 (968) | 5-15 | Air | 400 (204) | 63 |
| A8 | 1450 (788) | 1825 (996) | 1850 (1010) | 5-15 | Air | 950 (510) | 56 |
| A9 | 1450 (788) | 1825 (996) | 1850 (1010) | 5-15 | Air | 950 (510) | 56 |
| A10 | 1200 (649) | 1475 (802) | 1500 (816) | 5-15 | Air | 400 (204) | 59 |
| D2 | 1500 (816) | 1825 (996) | 1850 (1010) | 10-20 | Air | 400 (204) | 59 |
| D3 | 1500 (816) | 1750 (954) | 1775 (968) | 10-20 | Oil | 400 (204) | 61 |
| D4 | 1500 (816) | 1800 (982) | 1825 (996) | 10-20 | Air | 400 (204) | 62 |
| D5 | 1500 (816) | 1825 (996) | 1850 (1010) | 10-20 | Air | 400 (204) | 61 |
| D7 | 1500 (816) | 1925 (1052) | 1950 (1066) | 10-20 | Air | 400 (204) | 63 |
| O1 | 1200 (649) | 1450 (788) | 1475 (802) | 5-15 | Oil | 400 (204) | 59 |
| O2 | 1200 (649) | 1450 (788) | 1475 (802) | 5-15 | Oil | 400 (204) | 59 |
| O6 | ... | 1450 (788) | 1475 (802) | 5-15 | Oil | 400 (204) | 59 |
| O7 | 1200 (649) | 1575 (857) | 1600 (871) | 5-15 | Oil | 400 (204) | 62 |
| S1 | 1250 (677) | 1725 (941) | 1750 (954) | 5-15 | Oil | 400 (204) | 56 |
| S2 | 1250 (677) | 1625 (885) | 1650 (899) | 5-15 | Brine | 400 (204) | 58 |
| S4 | 1250 (677) | 1625 (885) | 1650 (899) | 5-15 | Oil | 400 (204) | 58 |
| S5 | 1250 (677) | 1625 (885) | 1650 (899) | 5-15 | Oil | 400 (204) | 58 |
| S6 | 1450 (788) | 1700 (927) | 1725 (941) | 5-15 | Oil | 400 (204) | 56 |
| S7 | 1250 (677) | 1725 (941) | 1750 (954) | 5-15 | Air | 400 (204) | 56 |
| L2 | 1200 (649) | 1575 (857) | 1600 (871) | 5-15 | Oil | 400 (204) | 53 ⁴ |
| L3 | 1200 (649) | 1525 (829) | 1550 (843) | 5-15 | Oil | 400 (204) | 62 |
| L6 | 1200 (649) | 1500 (816) | 1525 (829) | 5-15 | Oil | 400 (204) | 58 |
| F1 | 1200 (649) | 1525 (829) | 1550 (843) | 5-15 | Brine | 400 (204) | 64 |
| F2 | 1200 (649) | 1525 (829) | 1550 (843) | 5-15 | Brine | 400 (204) | 64 |

Lampiran 5

Tabel Konversi Kekerasan

| Hardness Conversion Table | | | | |
|--|---------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Tensile Strength (N/mm ²) | Brinell Hardness (BHN) | Vickers Hardness (HV) | Rockwell Hardness (HRB) | Rockwell Hardness (HRC) |
| 285 | 86 | 90 | | |
| 320 | 95 | 100 | 56.2 | |
| 350 | 105 | 110 | 62.3 | |
| 385 | 114 | 120 | 66.7 | |
| 415 | 124 | 130 | 71.2 | |
| 450 | 133 | 140 | 75.0 | |
| 480 | 143 | 150 | 78.7 | |
| 510 | 152 | 160 | 81.7 | |
| 545 | 162 | 170 | 85.0 | |
| 575 | 171 | 180 | 87.1 | |
| 610 | 181 | 190 | 89.5 | |
| 640 | 190 | 200 | 91.5 | |
| 675 | 199 | 210 | 93.5 | |
| 705 | 209 | 220 | 95.0 | |
| 740 | 219 | 230 | 96.7 | |
| 770 | 228 | 240 | 98.1 | |
| 800 | 238 | 250 | 99.5 | |
| 820 | 242 | 255 | | 23.1 |

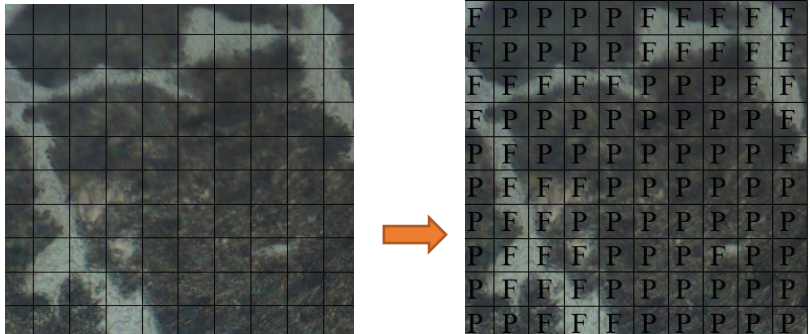
| | | | | |
|------|-----|-----|--|------|
| 850 | 252 | 265 | | 24.8 |
| 880 | 261 | 275 | | 26.4 |
| 900 | 266 | 280 | | 27.1 |
| 930 | 276 | 290 | | 28.5 |
| 950 | 280 | 295 | | 29.2 |
| 995 | 295 | 310 | | 31.0 |
| 1030 | 304 | 320 | | 32.2 |
| 1060 | 314 | 330 | | 33.3 |
| 1095 | 323 | 340 | | 34.4 |
| 1125 | 333 | 350 | | 35.5 |
| 1155 | 342 | 360 | | 36.6 |
| 1190 | 352 | 370 | | 37.7 |
| 1220 | 361 | 380 | | 38.8 |
| 1255 | 371 | 390 | | 39.8 |
| 1290 | 380 | 400 | | 40.8 |
| 1320 | 390 | 410 | | 41.8 |
| 1350 | 399 | 420 | | 42.7 |
| 1385 | 409 | 430 | | 43.6 |
| 1420 | 418 | 440 | | 44.5 |
| 1455 | 428 | 450 | | 45.3 |
| 1485 | 437 | 460 | | 46.1 |
| 1520 | 447 | 470 | | 46.9 |
| 1555 | 456 | 480 | | 47.7 |

| | | | | |
|------|-----|-----|--|------|
| 1595 | 466 | 490 | | 48.4 |
| 1630 | 475 | 500 | | 49.1 |
| 1665 | 485 | 510 | | 49.8 |
| 1700 | 494 | 520 | | 50.5 |
| 1740 | 504 | 530 | | 51.1 |
| 1775 | 513 | 540 | | 51.7 |
| 1810 | 523 | 550 | | 52.3 |
| 1845 | 532 | 560 | | 53.0 |
| 1880 | 542 | 570 | | 53.6 |
| 1920 | 551 | 580 | | 54.1 |
| 1955 | 561 | 590 | | 54.7 |
| 1995 | 570 | 600 | | 55.2 |
| 2030 | 580 | 610 | | 55.7 |
| 2070 | 589 | 620 | | 56.3 |
| 2105 | 599 | 630 | | 56.8 |
| 2145 | 608 | 640 | | 57.3 |
| 2180 | 618 | 650 | | 57.8 |

Lampiran 6

Perhitungan Prosentase Struktur Mikro (ASTM E-562)

1). Benda Uji Kondisi Awal



$$\triangleright P_{Ms}(\) = \frac{Q_{Ms}(\)}{Q_n} \times 100\%$$

$$P_{Ms}(\text{Pearlite}) = \frac{62}{100} \times 100\%$$

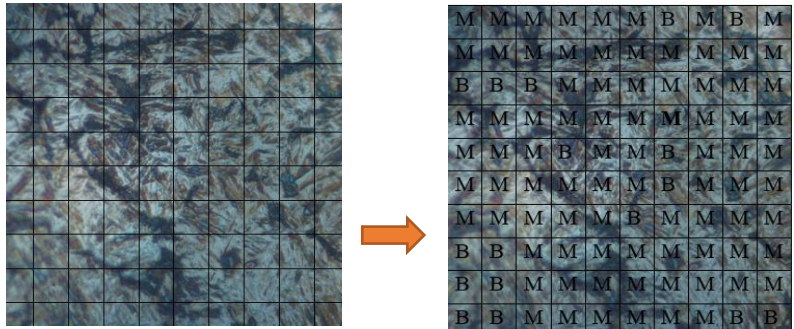
$$P_{Ms}(\text{Pearlite}) = 62\%$$

$$\triangleright P_{Ms}(\) = \frac{Q_{Ms}(\)}{Q_n} \times 100\%$$

$$P_{Ms}(\text{Ferrite}) = \frac{38}{100} \times 100\%$$

$$P_{Ms}(\text{Ferrite}) = 38\%$$

2). Benda Uji Dengan Media Pendingin Air 100% + Garam 0%



$$\triangleright P_{Ms}(\) = \frac{Q_{Ms}(\)}{Q_n} \times 100\%$$

$$P_{Ms}(\text{Martensit}) = \frac{83}{100} \times 100\%$$

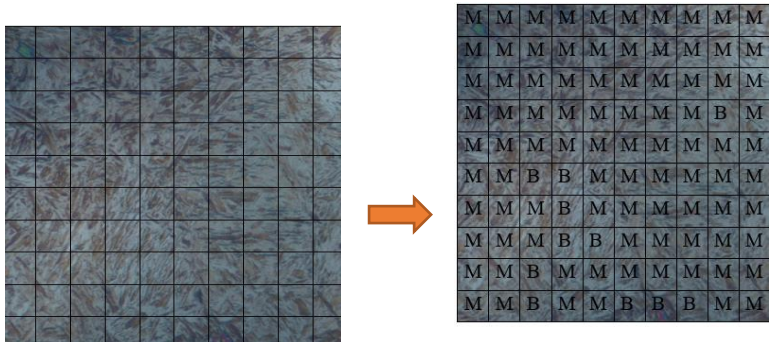
$$P_{Ms}(\text{Martensit}) = 83\%$$

$$\triangleright P_{Ms}(\) = \frac{Q_{Ms}(\)}{Q_n} \times 100\%$$

$$P_{Ms}(\text{Bainite}) = \frac{17}{100} \times 100\%$$

$$P_{Ms}(\text{Bainite}) = 17\%$$

3). Benda Uji Dengan Media Pendingin Air 90% + Garam 10%



$$\triangleright P_{Ms}(\) = \frac{Q_{Ms}(\)}{Q_n} \times 100\%$$

$$P_{Ms}(\text{Martensit}) = \frac{89}{100} \times 100\%$$

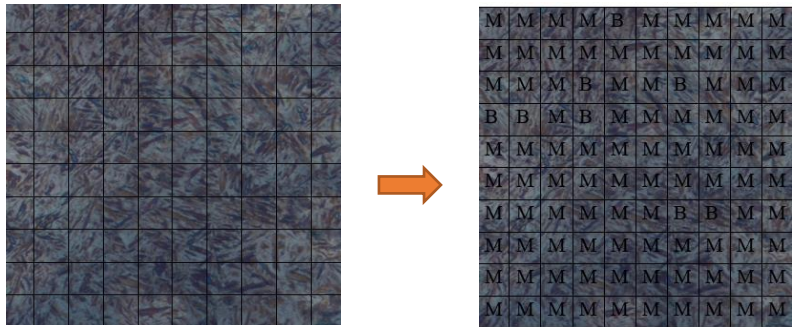
$$P_{Ms}(\text{Martensit}) = 89\%$$

$$\triangleright P_{Ms}(\) = \frac{Q_{Ms}(\)}{Q_n} \times 100\%$$

$$P_{Ms}(\text{Bainite}) = \frac{11}{100} \times 100\%$$

$$P_{Ms}(\text{Bainite}) = 11\%$$

4). Benda Uji Dengan Media Pendingin Air 80% + Garam 20%



$$\triangleright P_{Ms}(\) = \frac{Q_{Ms}(\)}{Q_n} \times 100\%$$

➤

$$P_{Ms}(\text{Martensit}) = \frac{92}{100} \times 100\%$$

$$P_{Ms}(\text{Martensit}) = 92\%$$

$$\triangleright P_{Ms}(\) = \frac{Q_{Ms}(\)}{Q_n} \times 100\%$$

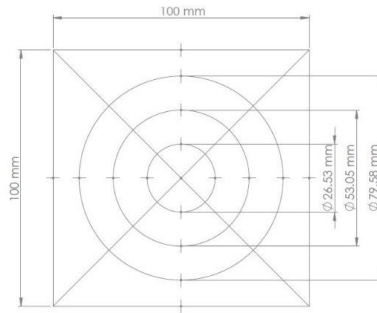
➤

$$P_{Ms}(\text{Bainite}) = \frac{8}{100} \times 100\%$$

$$P_{Ms}(\text{Bainite}) = 8\%$$

Lampiran 7

Perhitungan Grain Size Number (ASTM E-112)



Diketahui : L_T menggunakan 3 lingkaran ($L_T = 500 \text{ mm}$)

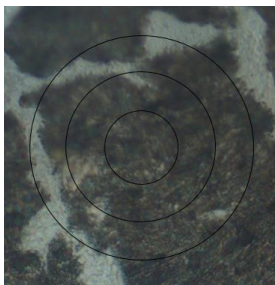
Total perbesaran mikroskop (M) = $M_{ob} \times M_{ok}$

$$= 10 \times 100$$

$$= 1000$$

1). Benda Uji Kondisi Awal

Diketahui jumlah titik potong batas butir yg terkena garis (N) = 24 , maka hasil dari nilai G adalah :



$$G = (-6.645 \log \frac{L_T}{N \times M}) - 3.298$$

$$G = (-6.645 \log \frac{500}{24 \times 1000}) - 3.298$$

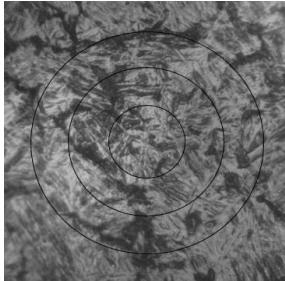
$$G = 7.8$$

$$G = 8$$

Berdasarkan ASTM E-112 Grain Size Number (G) = 8 maka diameter rata-rata yang dimilikinya adalah $\bar{d} = 0.0225 \text{ mm}$

2). Benda Uji Dengan Media Pendingin Air 100% + Garam 0%

Diketahui jumlah titik potong batas butir yg terkena garis (N) = 58 , maka hasil dari nilai G adalah :



$$G = (-6.645 \log \frac{L_T}{N \times M}) - 3.298$$

$$G = (-6.645 \log \frac{500}{58 \times 1000}) - 3.298$$

$$G = 10.420$$

$$G = 10.5$$

Berdasarkan ASTM E-112 *Grain Size Number* (G) = 10.5 maka diameter rata-rata yang dimilikinya adalah $\bar{d} = 0.0094$ mm

3). Benda Uji Dengan Media Pendingin Air 90% + Garam 10%

Diketahui jumlah titik potong batas butir yg terkena garis (N) = 84 , maka hasil dari nilai G adalah :



$$G = (-6.645 \log \frac{L_T}{N \times M}) - 3.298$$

$$G = (-6.645 \log \frac{500}{84 \times 1000}) - 3.298$$

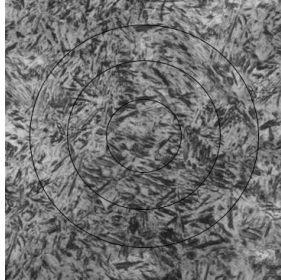
$$G = 11.489$$

$$G = 11.5$$

Berdasarkan ASTM E-112 *Grain Size Number* (G) = 11.5 maka diameter rata-rata yang dimilikinya adalah $\bar{d} = 0.0067$ mm

4). Benda Uji Dengan Media Pendingin Air 80% + Garam 20%

Diketahui jumlah titik potong batas butir yg terkena garis (N) = 97 , maka hasil dari nilai G adalah :



$$G = (-6.645 \log \frac{L_T}{N \times M}) - 3.298$$

$$G = (-6.645 \log \frac{500}{97 \times 1000}) - 3.298$$

$$G = 11.904$$

$$G = 12$$

Berdasarkan ASTM E-112 *Grain Size Number* (G) = 12 maka diameter rata-rata yang dimilikinya adalah $d = 0.0056$ mm

Lampiran 8
Perhitungan Hasil Uji Impak

➤ **Data Pengujian Impak**

Diketahui :

- Berat Pendulum (W) = $13.17 \text{ Kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2$
 $= 129.066 \text{ kgm/s}^2$
 $= 129.066 \text{ N}$
- Luas Penampang Bagian Yang Tertakik (A) = $p \times l$
 $= 8 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$
 $= 80 \text{ mm}^2$
- Jarak Titik Tumpu ke Titik Pendulum (L) = 0.45 m
- Sudut Awal (α) = 140°

➤ **Menggunakan rumus energi :**

$$E = W \cdot L \cdot (\cos\beta - \cos\alpha) \quad (\text{Joule})$$

➤ **Menggunakan rumus *Impact Strength* :**

$$IS = \frac{W \cdot L \cdot (\cos\beta - \cos\alpha)}{A} \quad (\text{Joule/mm}^2)$$

$$IS = \frac{E}{A} \quad (\text{Joule/mm}^2)$$

1). Benda Uji Kondisi Awal

Diketahui : $\beta_1 = 107^\circ$

$\beta_2 = 108^\circ$

$\beta_3 = 107^\circ$

maka diperoleh nilai E dan IS pada β_1 dan $\beta_3 = 107^\circ$ adalah :

$$\begin{aligned}
 E &= W.L.(\cos\beta - \cos\alpha) \\
 E &= 129.066 \text{ N} \cdot 0.45 \text{ m} \cdot (\cos 107 - \cos 140) \\
 E &= 27.52 \text{ Joule}
 \end{aligned}$$

$$IS = \frac{E}{A}$$

$$IS = \frac{27.52 \text{ Joule}}{80 \text{ mm}^2} = 0.344 \text{ Joule/mm}^2$$

maka diperoleh nilai E dan IS pada $\beta_2 = 108^\circ$ adalah :

$$\begin{aligned}
 E &= W.L.(\cos\beta - \cos\alpha) \\
 E &= 129.066 \text{ N} \cdot 0.45 \text{ m} \cdot (\cos 108 - \cos 140) \\
 E &= 27.06 \text{ Joule}
 \end{aligned}$$

$$IS = \frac{E}{A}$$

$$IS = \frac{27.06 \text{ Joule}}{80 \text{ mm}^2} = 0.338 \text{ Joule/mm}^2$$

maka diperoleh nilai rata-rata IS adalah:

$$\text{Rata - rata } IS = \frac{IS_1 + IS_2 + IS_3}{3}$$

$$\text{Rata - rata } IS = \frac{0.344 + 0.338 + 0.344}{3}$$

$$\text{Rata - rata } IS = 0.342 \text{ Joule/mm}^2$$

2). Benda Uji Dengan Media Pendingin Air 100% + Garam 0%

Diketahui : $\beta_1 = 133^\circ$

$$\beta_2 = 132^\circ$$

$$\beta_3 = 133^\circ$$

maka diperoleh nilai E dan IS pada β_1 dan $\beta_3 = 133^\circ$ adalah :

$$E = W.L. (\cos\beta - \cos\alpha)$$

$$E = 129.066 \text{ N} \cdot 0.45 \text{ m} \cdot (\cos 133 - \cos 140)$$

$$E = 4.93 \text{ Joule}$$

$$IS = \frac{E}{A}$$

$$IS = \frac{4.93 \text{ Joule}}{80 \text{ mm}^2} = 0.06 \text{ Joule/mm}^2$$

maka diperoleh nilai E dan IS pada $\beta_2 = 132^\circ$ adalah :

$$E = W.L. (\cos\beta - \cos\alpha)$$

$$E = 129.066 \text{ N} \cdot 0.45 \text{ m} \cdot (\cos 132 - \cos 140)$$

$$E = 5.63 \text{ Joule}$$

$$IS = \frac{E}{A}$$

$$IS = \frac{5.63 \text{ Joule}}{80 \text{ mm}^2} = 0.07 \text{ Joule/mm}^2$$

maka diperoleh nilai rata-rata IS adalah:

$$\text{Rata - rata IS} = \frac{IS_1 + IS_2 + IS_3}{3}$$

$$\text{Rata - rata IS} = \frac{0.06 + 0.07 + 0.06}{3}$$

$$\text{Rata - rata IS} = 0.063 \text{ Joule/mm}^2$$

3). Benda Uji Dengan Media Pendingin Air 90% + Garam 10%

Diketahui : $\beta_1 = 135^\circ$

$$\beta_2 = 134^\circ$$

$$\beta_3 = 135^\circ$$

maka diperoleh nilai E dan IS pada β_1 dan $\beta_3 = 135^\circ$ adalah :

$$E = W.L.(\cos\beta - \cos\alpha)$$

$$E = 129.066 \text{ N} \cdot 0.45 \text{ m} \cdot (\cos 135 - \cos 140)$$

$$E = 3.83 \text{ Joule}$$

$$IS = \frac{E}{A} \text{ Joule/mm}^2$$

$$IS = \frac{3.83 \text{ Joule}}{80 \text{ mm}^2} = 0.04 \text{ Joule/mm}^2$$

maka diperoleh nilai E dan IS pada $\beta_2 = 134^\circ$ adalah :

$$E = W.L.(\cos\beta - \cos\alpha)$$

$$E = 129.066 \text{ N} \cdot 0.45 \text{ m} \cdot (\cos 134 - \cos 140)$$

$$E = 4.18 \text{ Joule}$$

$$IS = \frac{E}{A}$$

$$IS = \frac{4.18 \text{ Joule}}{80 \text{ mm}^2} = 0.05 \text{ Joule/mm}^2$$

maka diperoleh nilai rata-rata IS adalah:

$$\text{Rata - rata IS} = \frac{IS_1 + IS_2 + IS_3}{3}$$

$$\text{Rata - rata IS} = \frac{0.04 + 0.05 + 0.04}{3}$$

$$\text{Rata - rata IS} = 0.043 \text{ Joule/mm}^2$$

4). Benda Uji Dengan Media Pendingin Air 80% + Garam 20%

Diketahui : $\beta_1 = 134^\circ$

$$\beta_2 = 137^\circ$$

$$\beta_3 = 137^\circ$$

maka diperoleh nilai E dan IS pada $\beta_1 = 134^\circ$ adalah :

$$E = W.L. (\cos\beta - \cos\alpha)$$

$$E = 129.066 \text{ N} \cdot 0.45 \text{ m} \cdot (\cos 134 - \cos 140)$$

$$E = 4.18 \text{ Joule}$$

$$IS = \frac{E}{A}$$

$$IS = \frac{4.18 \text{ Joule}}{80 \text{ mm}^2} = 0.05 \text{ Joule/mm}^2$$

maka diperoleh nilai E dan IS pada β_2 dan $\beta_3 = 137^\circ$ adalah :

$$E = W.L. (\cos\beta - \cos\alpha)$$

$$E = 129.066 \text{ N} \cdot 0.45 \text{ m} \cdot (\cos 137 - \cos 140)$$

$$E = 2.03 \text{ Joule}$$

$$IS = \frac{E}{A} \text{ Joule/mm}^2$$

$$IS = \frac{2.03 \text{ Joule}}{80 \text{ mm}^2} = 0.02 \text{ Joule/mm}^2$$

maka diperoleh nilai rata-rata IS adalah:

$$\text{Rata - rata } IS = \frac{IS_1 + IS_2 + IS_3}{3}$$

$$\text{Rata - rata } IS = \frac{0.05 + 0.02 + 0.02}{3}$$

$$\text{Rata - rata } IS = 0.03 \text{ Joule/mm}^2$$

Lampiran 9
Standar Nasional Indonesia Pisau Igreg

Standar Nasional Indonesia

Nomor SNI : SNI 02-4874-1998

Judul : Pisau igreg

Abstraksi : Syarat mutu pisau igrek sebagai alat pemotong tandan buah kelapa sawit meliputi; tampak luar tidak cacat; sisi potong tajam; bahan baku dari baja karbon menengah, dan; kekerasan sisi potong dilakukan perlakuan panas minimal 45,3 HRC.

Panitia Teknis :

SK Penetapan : 1219/BSN-I/HK.24/12/1998

ICS

| No | Kode ICS | Judul |
|----|-----------|-----------------|
| 1 | 65.060.50 | Peralatan panen |

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Surabaya, 3 September 1995, merupakan anak kedua dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Prajamukti Surabaya, SDN Dr. Sutomo VI Surabaya, kemudian SMP Negeri 21 Surabaya dan SMA Negeri 10 Surabaya. Setelah lulus dari SMA pada tahun 2013 penulis melanjutkan studinya di D1 Sistem Informasi ITS, lalu pada tahun 2014

melanjutkan studinya kembali di D3 Teknik Mesin ITS melalui jalur tes tulis reguler terdaftar dengan NRP 2114030055. Di D3 Teknik Mesin ITS penulis memilih bidang Manufaktur. Penulis aktif menjadi atlet tim Bulu Tangkis di PB. Satria Surabaya dan ITS. Penulis telah meraih beberapa prestasi Bulu Tangkis pada tingkat kota maupun nasional. Penulis juga aktif mengikuti organisasi di UKM Bulu Tangkis sebagai staff Kewirausahaan, BEM Fakultas sebagai staff Departemen Dalam Negeri, Koordinator Tim Bulu Tangkis Fakultas dan pernah menjabat menjadi Kepala Divisi Umum di DPM FTI - ITS. Berbagai pelatihan seperti PMB, LKMM Pra TD, LKMM TD, LKMM TM, dan LOT I pernah diikuti oleh penulis. Dalam kegiatan akademis penulis aktif sebagai Asisten laboratorium Mekatronika. Di luar kampus penulis aktif dalam komunitas Public Speaking “Sing Your Mind”. PT. CNC Controller Indonesia merupakan tempat kerja praktek penulis saat bulan Juli-Agustus 2016. Penulis dapat dihubungi di 085608187208 atau email ke septarianurmalasari@gmail.com.